الدكتور محمد صبري محسوب

الجغرافيا الطبيعية

أسس ومفاهيم حديثة





الجغرافيا الطبيعية

أسس ومفاهيم حديثة

الدكتور محمد صبرى محسوب سليم
أستاذ الجغرافيا الطبيعية بكلية الآداب
جامعة القاهرة

١٤١٦ هـ / ١٩٩٦ م

ملتزم الطبع والنشر
دار الفكر العربى
٩٤ شارع عباس العقاد ـ مدينة نصر
ت : ٢٧٥٢٩٨٤ فاكس ٢٧٥٢٧٣٥

أميرة للطباعة عابدين - ت : ٣٩١٥٨١٧

بسم الله الرحمن الرحيم

المقدمة

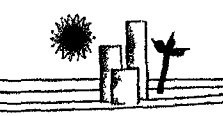
يتناول هذا الكتاب الجوانب الجغـرافية الطبيعية بالدراسة الوصفـية التحليلية المدعومة بوسائل المعالجة الحديثة.

وكان السبب فى تأليف هذا الكتاب بـهذا الشكل، ما لمسه المؤلف من نقص واضح فى المكتبـة الجغرافية العـربية فى مثل هذه النوعيـة من الدراسة التى تعطى طالب الجغرافيا أسسا علمـية متقدمة فى مجال الجغرافيا الطبيـعية يبنى عليها قدراته العلمية فى دراسته المتخصصة فى كل المجالات الجغرافية الطبيعية.

وينقسم هذا الكتاب إلـى ستة فصول: يتضـمن الأول منها ـ معالجة مـفهوم الطاقة والنظام وأهمـية دراستهما بالـنسبة للجغرافـيا الطبيعيـة، مع تأكيد ذلك من خـلال عرض أمـثلة لأشكال تحـول الطاقـة والأنواع منهـا التى ترتبط بالعـمليـات الطبيعية فى الجغرافيا، وكذلك يهـتم هذا الفصل بتحديد مفاهيم النظم وخصائصها وأنواعها مع الإشارة إلى أمثلة من النظم الجغرافية الطبيعية.

ويتناول الفـصل الثانى ـ دراسـة الغـلاف الغازى من خـلال دراسة تركـيب الأرض الداخلى ودراسـة صخـور القشـرة الأرضية بـأنواعهـا المختلفـة ومعـالجة الحركات التكتونية من حـيث طبيعتها وأسبابها والظاهـرات الناتجة عنها مع الاهتمام بدراسة نظرية الألواح التكتونية لما لها من أهمية فى تفسير العديد من أشكال سطح الأرض البنائية.

ويعالج المؤلف فى الفصل الثالث ـ عوامل تشكيل سطح الأرض والعمليات المرتبطة بها والأشكال الناتجة عنها مثل : التجوية والعمليات المرتبطة بتطور السفوح والأنهار وعملها الجيومورفولـوجى، والعمليات الهوائية وما يرتبط بها من أشكال،



Converted by Tiff Combine - (no stamps are applied by registered version)

ثم ينتهى هذا الفصل بدراسة النظام الساحلى وعوامل التشكيل داخله وأهم الظاهرات به.

ويتناول الفصل الرابع - الغلاف الغازى من خلال دراسة مكونات الغلاف الغازى وتركيبه ودراسة ميزان الطاقة الأرضية وانتقال الحرارة من خط الاستواء إلى القطبين، وعلاقة اليابس والماء بالطاقة الإشعاعية، وأثر الإنسان على الميزان الحرارى، ودراسة الرطوبة فى الجو والرياح وما يرتبط بها من ظاهرات جوية وينتهى بدراسة مناخ العالم.

ويتناول الفصل الخامس - دراسة الغلاف المائى فى كل من المحيطات والغطاءات الجليدية والمياه الجوفية.

أما الفصل السادس والأخير من هذا الكتاب - فيتناول بالدراسة الغلاف الحيوى من خلال تعريفه ودراسة تفصيلية نوعا ما لعناصره الرئيسية فى دوراتها بسطح الأرض، وهى الكربون والماء والأكسوجين، ويتناول أيضا بالدراسة نظم البيئة Ecosystems من حيث مفهومها وضوابطها، وخصائصها من حيث الشكل والتنوع فى عناصرها الحيوية. وينتهى هذا الفصل بدراسة تفصيلية لكل من التربة والنبات باعتبارهما العناصر الرئيسية فى النظم البيئية الطبيعية.

ويتضمن الكتاب عددا من الخرائط والأشكال يزيد على أربعين شكلا وخريطة قام برسم العدد الأكبر منها مشكورا الخطاط / عصمت النقيب.

كما تمت إضافة قائمة بمصطلحات فى الجغرافيا الطبيعية وبعض المقاييس والمعلومات الهامة فى آخر الكتاب.

ويأمل المؤلف أن يكون بهذا العمل قد أضاف شيئا ذا قيمة إلى المكتبة الجغرافية العربية.

والله ولى التوفيق

المؤلف



فهرس الموضوعات



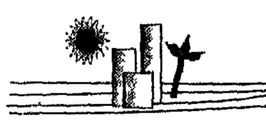
الفصل الرابع
الغلاف الغازى

الفصل الخامس

الغلاف المائى (مقدمة)

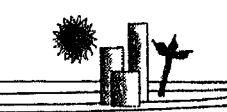
الفصل السادس

الغلاف الحيوى (البيوسفير)





فهرس الخرائط والأشكال



فهرس الجداول

فهرس الصور





الطاقة والنظم في الجغرافيا الطبيعية



أولا : الطاقة والجغرافيا الطبيعية

مفهوم الطاقة والجغرافيا الطبيعية

توجد عدة أنواع من الطاقة، منها ستة أنواع هامة بالنسبة للدراسات الجغرافية الطبيعية التى تتناول البيئة الطبيعية وخاصة الجوانب منها التى تؤثر على الإنسان وتتأثر بتطور المجتمعات البشرية وأنشطتها المختلفة.

من المعروف أن البيئة الطبيعية تتأثر بالتغيرات خلال الزمن، ومعظم هذه التغيرات تأتى بفعل عوامل وعمليات طبيعية، وبعضها يأتى بسبب التدخلات البشرية المباشرة وغير المباشرة.

ويعنى التغير البيئى سواء بفعل العمليات الطبيعية أو الإنسان تحولا فى الطاقة energy من شكل إلى آخر. ومن ثم فإنه لابد لكى نفهم المضمون الحديث للجغرافيا الطبيعية والنظم البيئية المختلفة أن نلم ببعض خصائص الطاقة وأشكالها المختلفة فى البيئة.

والطاقة ليست شيئا ماديا ولكنها مفهوم concept تطور على يد العلماء لعدة قرون مضت، وذلك من أجل فهم التغيرات الطبيعية والكيماوية التى تحدث في الطبيعة.

أ ـ أنواع الطاقة : أهم أنواع الطاقة التى تهم الجغرافيا الطبيعية كالآتى :

١ ـ الطاقة الشمسية Solar Energy :

تحاط الشمس مثلما هو الحال مع الأرض بمجالات كهرومغناطيسية، يؤدى التمدد والانكماش المنتظم لهذه المجالات إلى تولد موجات ترسل عبر النظام الشمسى كأشعة كهرومغناطيسية electromagnetic radiation تستقبل الأرض نحو



١/ ٠٠٠,٠٠٠,١٠٠٠ من الإشعاع الكلى للشمس، وهذه النسبة الضئيلة للغاية هى التى تمدنا بالضوء والحرارة.

وتصنف الأشعة حسب طول موجاتها التى تقاس بالميكرون أو بالميكروميتر[١] إلى موجات طويلة وموجات متوسطة وموجات قصيرة. والأخيرة هى التى تصل إلى طبقة الأوزون أعلى الغلاف الغازى[٢] ويصل جزء محدود من هذه الأشعة إلى الأرض، حيث إن الجزء الأكبر منه ينعكس إلى الفضاء الخارجى.

وترسل الأرض أيضا إشعاعا كهرومغناطيسيا إلى الفضاء، ولكن بسبب حجمها الصغير وبرودتها بالمقارنة بالشمس فإنها تشع موجات إشعاعية أطول تحتوى بدورها على طاقة أقل من الأشعة الشمسية.

٢ - الطاقة الكيماوية Chemical Energy :

تنتج هذه الطاقة عن قوى forces الروابط bonds الكيماوية لجزيئات[٣] المادة والتى تربط الذرات بعضها ببعض وعندما تتحطم تنطلق منها الطاقة.

وأيضا فى النويات الداخلية للذرة تعمل هذه القوى على ترابط البروتونات الموجبة بالنيترونات المتعادلة داخل الذرات، وإذا ما انطلقت هذه القوى ينتج عنها طاقة نووية تعادل ملايين المرات الناتج عن تحطم روابط الجزيئات الكيماوية فى المادة.

٣ - طاقة الجاذبية Gravitational Enegy :

عندما تنجذب كتلة نحو كتلة مجاورة لها تسمى جاذبية، وقوة الجاذبية هنا تعتمد على حجم الكتلتين وتتناسب عكسيا مع مربع المسافة بينهما.

وعلى سطح الأرض وخلال الغلاف الغازى نجد أن كتلة الأرض أكبر من أى شىء آخر، ولذلك فهى قادرة بذلك على جذب الأشياء إليها، وإن كان بعضها لا يستجيب لذلك بسبب تدخل عوامل وقوى أخرى.

(١) الميكرون أو الميكروميتر UM = ١٠٠٠ / ١ من المليمتر.
(٢) سوف نذكر بالتفصيل فى الجزء الخاص بالمناخ.
(٣) عادة ما يتكون الجزىء من ذرتين وتتكون الذرة من نواة وعدد من الإلكترونات السالبة يساوى عدد البروتونات (الموجبة) بالنواة لذلك فالذرة تكون متعادلة كهربائية، وتتحرك الإلكترونات فى مدارات دائرية أو بيضية بسرعة فائقة حول النواة ومن ثم لا تنجذب إليها.



وتعمل الجاذبية الأرضية على انسياب المياه إلى أسفل السفوح، وهى أيضا التى تمنع بخار الماء من التطاير فى الفضاء، ويطلق على الجاذبية الطاقة الكامنة Ep حيث إن أى جسم يقع فوق سطح الأرض له طاقة تتناسب مع كتلته (m) ومع قوة الجاذبية (g) force of gravity وارتفاعها فوق سطح البحر (h).

وعلى ذلك فالطاقة الكامنة = الكتلة + قوة الجاذبية + الارتفاع عن سطح البحر ($Ep = m \times g \times h$).

٤ ـ الطاقة الحركية Kinetic Energy :

ينتج هذا الشكل من الطاقة عن حركة أى جسم، فجريان النهر والتدفق الطينى mudflow والرياح والتيارات المحيطة وصعود المياه الجوفية وتحرك الأمواج كلها تمتلك طاقة حركية وتكون قادرة على العمل وبذل الجهد من خلال الاحتكاك بجسم آخر.

وتأتى الطاقة الحركية من المعادلة الرياضية التالية :

$$Ek = \frac{1}{2} mv^2$$

حيث إن V تعنى السرعة velocity وتعنى m الكتلة mass.

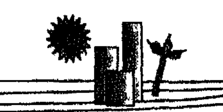
٥ ـ الطاقة الحرارية :

تعد أقل أنواع الطاقة قيمة وتنتج عن حركة الجزيئات فى المادة motion of molecules أو بمعنى آخر هى عبارة عن الطاقة الحركية الناتجة عن حركة جزيئات مادة ما.

ب ـ تحول الطاقة فى الجغرافيا الطبيعية :

توجد أشكال أخرى للطاقة غير التى ذكرت. منها الطاقة الكهربائية فى العواصف الرعدية thunder storms ولكن الأشكال المذكورة سابقا للطاقة هى التى نلمس دورها فى العمليات الطبيعية على سطح الأرض من خلال تحول الطاقة من شكل إلى آخر داخل هذه العمليات.

نسوق أمثلة لأشكال التحول وعلاقتها بالعمليات الطبيعية من المثالين التاليين :



١ ـ عملية التمثيل الضوئى Photo Synthessis :

يتم خلالها تحول الطاقة الشمسية إلى طاقة كيماوية، وتتمثل هذه العملية فيما يلى :

[ثانى أكسيد الكربون + ماء ←—— جلوكوز + أكسوجين (كربوهيدرات)].

حيث يعمل التمثيل الضوئى على تكوين الجلوكوز الذى يمثل عنصرا هاما فى أى مادة حية، وكذلك على تكوين الأكسوجين العنصر الثانى من عناصر الغلاف الغازى بعد النتروجين والضرورى للغاية فى عمليات التنفس للكائنات الحية.

ومعنى ذلك: أن التمثيل الضوئى يكون الغذاء للنمو، والأكسوجين للتنفس، ويتم بالتمثيل الضوئى تكوين الجلوكوز الذى يمثل عنصرا هاما فى الغلاف الغازى بعد النتروجين والضرورى للغاية فى عمليات التنفس للكائنات الحية.

ويتم التمثيل الضوئى فى البلانكتون حتى الأشجار الضخمة، ومن ثم تختلف كفاءته اختلافا كبيرا حسب حجم النبات الذى يقوم به.

والواقع أن الجلوكوز والكربوهيدرات تحتوى على طاقة كيماوية يعمل التمثيل الضوئى على استخلاصها من الأشعة الشمسية (الطاقة الشمسية).

كذلك هناك تحول للطاقة الشمسية إلى طاقة حرارية كما سيتضح ذلك بالتفصيل فيما بعد.

٢ ـ الفعل الميكانيكى ـ فقد الطاقة الكامنة :

تعد الجاذبية مصدرا رئيسيا للطاقة فى البيئة الطبيعية، هذه الطاقة تستقل عن الشمس وتعتمد ببساطة على جذب كتلة الأرض للأجسام الأخرى على السطح أو فى الغلاف الغازى.

والواقع أن مفهوم الطاقة الكامنة ومفهوم الجهد قد اشتقا أساسا من مفهوم الجاذبية gravity كما سيتضح من السطور التالية.



فعلى سبيل المثال هناك فى الجغرافيا الطبيعية ما يعرف بعمل النهر work of a river والمقصود به ـ بشيء من الدقة ـ فقد طاقة كامنة من النهر خلال تحركه مع الانحدار ونقله للرواسب واحتكاكه بقاعه وجوانبه (تغلبه على قوى الاحتكاك) بعض الطاقة المبذولة تتحول إلى طاقة حركية والجزء منها المفقود بفعل الاحتكاك يتحول إلى حرارة، والخلاصة أن مجمل العمل الذى يقوم به النهر بالطرق السابقة يتساوى مع فاقد الطاقة الكامنة والذى يمكن أن يختزن فى نهر كبير ليتحول إلى طاقة كهرومائية فى محطات توليد الطاقة والسدود المقامة على النهر.

ولتبسيط ما سبق نسوق المثال التالى :

لو تصورت وضع كتاب على مكتب، هذا الكتاب الذى يحتوى داخله على طاقة كامنة قد سقط تلقائيا بعد أن اهتز المكتب لسبب ما.

ما حدث حتى الآن هو أن الكتاب قد فقد طاقته الكامنة، ولا يمكن أن يرتفع مرة أخرى إلى المكتب، فإذا ما رفعت الكتاب بيدك إلى المكتب، معنى ذلك أنك بذلت طاقة من خلال عمل عضلى احترق بسببه بعض الجلوكوز والبروتين من جسمك، يعنى ذلك أيضا أنك استخدمت طاقة مختزنة فى جسمك لرفع الكتاب.

وهنا بذلت طاقة كيماوية وتم عمل ما، وأعيد تخزين طاقة كامنة مرة أخرى فى الكتاب بعد رفعه.

هذا المثال يوضح أمرين هامين مفادهما :

أ ـ أن الفاقد من الطاقة الكامنة يتساوى مع كمية العمل المبذول، أى أن الطاقة الكامنة «طاقة عمل».

ب ـ أن فقد الطاقة الكامنة اتجاه طبيعى بسبب الجاذبية الأرضية. ولكى يعاد تخزينها لابد أن يتم عمل ما من خلال مصدر آخر للطاقة تمثل فى المثال السابق فى الطاقة الكيماوية chemical energy.

ثانيا: النظم والجغرافيا الطبيعية

مفهوم النظام :

النظام مفهوم عام إلى حد كبير، وعلى ذلك يمكن تحديده من خلال طرق متعددة.

ولكن أى نظام نجده يتميز بثلاث خصائص رئيسية داخل حدوده تتمثل فيما يلى (White, L.D, etal, 1984, pp9 - 10.)

أ ـ العناصرالمكونة للنظام: وتتمثل فى أنواع من المواد مثل الذرات atoms أو الجزيئات، أو الأجسام الأكبر حجما مثل حبات الرمل وقطرات المطر أو النباتات، وكل عنصر أو مكون من مكونات النظام يوجد فى مكان محدد وخلال فترة زمنية معينة.

ب ـ حالة العناصر أو صفاتها : تتميز هذه العناصر بصفات معينة يمكن إخضاعها للقياسات أو التجارب، فالحجم أو الضغط أو الوزن أو درجة الحرارة واللون يمكن تحديد قيم لها ومقارنتها بمقياس محدد مثل قياس درجة الحرارة على أساس الترمومتر المئوى أو قياس الضغط بالمليبار.

جـ ـ وجود علاقة بين عنصرين أو أكثر من عنصر أو بين صفة من صفات العناصر بصفة أو خاصية بعنصر* آخر مثل العلاقة بين الحجم والضغط، أو العلاقة التى تحدد نظام أو ترتيب العناصر داخل نظامها.

ولأن الجغرافيا الطبيعية تهتم كثيرا بالطاقة والمواد المختلفة، فإنه على ضوء ذلك يمكن تعريف النظام بأنه مجموعة العناصر داخل حدود معينة لها علاقتها ببعضها البعض وتحركها وانتقالها داخل نظامها سواء كانت فى شكل مواد materials أو طاقة energy وكذلك انتقالها فى حالات معينة عبر حدود النظام منه وإليه.

(*) يتم قياس هذه العلاقات من خلال أساليب التحليل الإحصائى.



أنواع النظم : Types of systems

توجد ثلاثة أنواع من النظم تتمثل فيما يلى :

أ ـ النظام المنعزل Isolated - System :

وهو النظام الذى لا توجد علاقات أو تفاعل بينه وبين الأنظمة الأخرى خارج حدوده، ولا يوجد مثل هذا النظام فى البيئة الطبيعية حيث يمكن وجوده فقط فى المعمل لتحديد وتطوير مفاهيم الديناميكيات الحرارية thermo dynamics.

ب ـ النظام المقفل Closed - System :

أكثر النظم شيوعا حيث يمكن من خلاله تبادل الطاقة عبر حدود النظام نفسه، ولكن لا يحدث تبادل للمواد بينه وبين غيره من نظم محيطة.

جـ ـ النظام المفتوح Open - System :

فى هذه النظم تستطيع كل من المادة والطاقة الانتقال بحرية عبر حدود النظام بينه وبين النظم الأخرى، وجدير بالذكر أنه فى مثل هذه النظم فإن انتقال المادة هو فى نفس الوقت انتقال للطاقة حيث تحتوى المواد على طاقة كيماوية كامنة potential energy.

مثال على النظام المقفل (الدورة الهيدرولوجية) :

فى هذه الدورة توجد كميات من المادة (الماء) داخل حدود النظام، وتتم الدورة داخله من خلال طاقة شمسية قادمة بالطبع من خارج حدود النظام وخلال التاريخ الذى مرت به الأرض حدثت تغيرات كبيرة فى النظام الهيدرولوجى العالمى، ويرجع ذلك أساسا إلى التغيرات المناخية حيث تحولت كميات ضخمة من المياه المختزنة فى المحيطات إلى غطاءات جليدية ice caps، خلال فترات زمنية مختلفة، ورغم كل هذه التغيرات فإن الكمية الكلية للمياه على سطح الأرض بقيت ثابتة، ومن ثم يبقى النظام مقفلا أو مغلقا بشكل دائم (شكل ١).

أما النظم المفتوحة فهى نظم ديناميكية حرارية تدرس كثيرا فى الجغرافيا الطبيعية، أمثلة رئيسية منها الغابات والبحيرات وأحواض التصريف النهرية، كل هذه النظم تتلقى المواد والطاقة وتوردها عبر حدودها (شكل ١).





شكل رقم (١)
أنواع النظم

وتوجد أربعة مبادئ مرتبطة بالنظم المفتوحة يمكن أن تساعدنا كثيرا فى تفهم الجغرافيا الطبيعية يمكن إيجازها فيما يلى :

١ ـ إن الطاقة والمادة الداخلة للنظام لا تخرج منه فى نفس الشكل الذى دخلت به، على سبيل المثال تأتى الطاقة الشمسية ذات الموجات القصيرة إلى الأرض لتخرج منها فى شكل طاقة ذات موجات طويلة، وجزء كبير من مياه المطر والثلوج التى تدخل حوض النهر تخرج منها فى شكل بخار ماء، وكذلك الصخور التى تأتى إلى الأنهار فى المنابع العليا بأحجام كبيرة تخرج من عند المصب فى صورة رواسب طينية ورملية ناعمة تترسب فى قاع البحر.



٢ ـ لا يحـدث عادة توازن بين المدخـلات inputs والمخرجات outputs من الطاقة والمادة على المدى الـقصير (خـلال يوم أو أسبوع أو شـهر مثـلا) ولكن قد يحدث هذا التوازن على المدى البعيد.

٣ ـ فى كل من النظامين المفـتوح والمغلق نجد أن الطاقة الحـرارية الناتجة عن تحول الطاقة من نوع إلى آخر تخـرج من النظام فى العادة إلى الغلاف الغازى ومن ثم إلى الفضاء، وتعوض من خلال طاقة تأتيـها من خارج النظام، على سبيل المثال نجد أن هذه الطاقة تأتى إلى النظم البيئية فى شكل إشعاع شمسى.

٤ ـ رغم ثبـات المدخـلات من الطاقـة الكامنة إلى النظـم المفتـوحـة إلا أن التحولات النهائية للطاقة فـى الطبيعة تنتج طاقة حرارية heat energy عديمة.القيمة لدرجة أن الجهد المبذول من خلال الطاقة الكامنة القادمة يكون محدودا جدا.

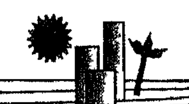
حدود النظام System boundaries:

إن الخطوة الأساسيـة فى تحليل أى نظام طبيعى تتمـثل (إن أمكن) فى قياس حركة تـبادل الطاقة والمادة بين النظام والبيـئة، وحركة الطاقـة والمادة داخل حدود النظام ذاته، مثل هذه القياسـات لا تقود فقط لفهم كيفيـة قيام النظام بعمله بشكل طبيعى ولكنها أيضا تمكن العلماء من قياس وتفسير المؤثرات الناتجة عن التغيرات فى الضوابط الخارجية عليه ومعظمها يأتى من التدخلات البشرية.

مثال ذلك البـحيرات كنظام محدد جـيدا أو غابة صغيـرة أو حوض تصريف مائى.

ففى حوض النهر ـ على سبيل المثال ـ نجد أن حركة الطاقة والمادة تتم أساسا باتجاه المصب down stream أما عن حدوده فتنطبق مع مـناطق تقسيم المياه water sheds التى يمكن تحـديدها بسهـولة، وتعد الروافـد المختلفـة داخل الحوض بمثـابة المسالك الرئيسية داخل النظام النهرى.

أما النظام السـاحلى فهو من النظم صعـبة الدراسة لأن حدوده مـؤقتة، إلى جانب أن حركـة الرواسب تتم فى اتجاهات مختلفة، وتأتى مـدخلات النظام أيضا بصور وأشكال مختلفة كما سيتضح ذلك بالتفصيل فيما بعد (الجزء الخاص بالتعرية الساحلية).



التوازن داخل النظام Equilibrium :

يقصد بالتوازن مدى وجود تعادل أو توازن بين النظام وبيئته.

ويوجد نوعان من التوازنات لهما أهميتهما فى تفهم الوظائف الطبيعية داخل النظام.

١ ـ التوازن الثابت Steady state equilibrium:

يتميز هذا التوازن بخاصتين هامتين تتمثل أولاهما فى أنه لا يحدث تغير فى مخزون الطاقة الكامنة داخل النظام مع الزمن، ينطبق ذلك على المخزون من الطاقة والمواد، وثانيتهما تساوى المدخلات (من الطاقة والمادة) مع المخرجات.

ينطبق هذا المفهوم على النظام الذى تأتى إليه المدخلات على طول طريق يختلف عن طريق المخرجات مثل نظم السفوح والقنوات النهرية والثلاجات وغيرها.

٢ ـ التوازن الديناميكى Dynamic equilibrium:

يشير إلى النظم المفتوحة ويستخدمه علماء الطبيعة والكيمياء للإشارة إلى تبادل المادة والطاقة عبر نفس السطح بين مجالين.

على سبيل المثال جزيئات الماء دائما ما تترك سطح البحيرة وتدخل الغلاف الغازى، بعضها يسقط فى شكل مطر على البحيرة، عندما تتساوى العمليتان تماما لا يكون هناك فى هذه الحالة فاقد من جزيئات الماء بالبحيرة أو الغلاف الغازى ويظل الاثنان فى حالة توازن، والتوازن فى كل نظام يتم بواسطة تحرك المدخلات والمخرجات على نفس الحدود بينها. وهذا ما يعرف بالتوازن الديناميكى.





الغلاف الصخرى

Lithosphere



تعريفه :

يقصد به القشرة الأرضية الصلبة، أو الطبقة الخارجية للأرض outlayer والتي تغطي مياه البحار والمحيطات نحو ٧١٪ من جملة مساحتها، وينكشف الجزء الباقي في شكل أسطح يابسة (أسطح القارات).

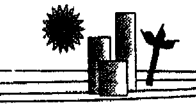
وتتشكل هذه القشرة الخارجية للأرض في أشكال وملامح تضاريسية ضخمة سواء على سطح القارات مثل الدروع القارية الصلبة continental shields والسلاسل الجبلية الممتدة لآلاف الكيلومترات، أو على قاع الأحواض المحيطية مثل الحافة الأطلنطية الوسطى وهضبة الباتروس بالمحيط الهادى.

ويتراوح سمك القشرة الخارجية بطبقتيها السيال sial والسيما sima ما بين ٢٢ و ٤٠ كيلو متر، ورغم قلة سمكها فإن أشكالها التضاريسية الضخمة تعكس الظروف الداخلية للأرض كما سيتضح ذلك فيما بعد.

التركيب الداخلى للأرض :

تعتمد معرفتنا عن التكوينات الداخلية للأرض وصورها التركيبية أساسا على أدلة غير مباشرة يتمثل أهمها في الموجات الزلزالية sesimic waves التى تنتقل خلال صخور الأرض، وكذلك فيما يصل إلى سطح الأرض من مواد باطنية خلال الطفوح اللافية lava eruptions والانفجارات البركانية vlcanic explosions .

ونظرا لاختلاف سرعة الموجات الزلزالية فى انتقالها من تكوينات صخرية إلى أخرى مغايرة في خصائصها وكثافتها النوعية، فقد أفاد ذلك كثيرا في تحديد خصائص ومكونات باطن الأرض والتى يظهرها شكل (٢).



فالأرض تتكون من نواة داخلية inner core، وتتكون من معادن مرتفعة الحـرارة للغاية، وذات كـثافـة نوعيـة مـرتفعـة، وهى عبـارة عن خليط من الحديـد والنيكل، ولذلك يطلق عليـها أحيـانا تكوينات النايف nife اختصارا للحـــرفــــين الأولين من المعـــدنين السابقين، وقد اسـتدل على خصائص هذه التكويـنات البـعـيـدة من خـلال السرعة العاليـة للموجات الزلزالية التى تنتقل خلالها.

شكل رقم (٢)
التركيب الداخلى للأرض

تلى النواة الداخلية نواة خارجية outer core حـرارتهـا أقل من الأولى وتتراوح ما بين ١٩٠٠ إلى ٦٠٠٠°م، وهى أيضـا أقل فى كثـافتـها النوعـية، وتتكون مـن حـديد ونيكل فـى حـالة سائلة liquid ferro nickl بسمك يبلغ ٤٠٠٠ كم (٢,٥٠٠ ميل).

أما الإطار الذى يعلو الـنواة الخارجيـة فيعرف بـالمانتل وهو عبارة عن طبـقة سميكة من المواد الصخرية (٣٠٠٠كم) ذات الكثافة النوعية المرتفعة.

والواقع أن الحـركات التى تتـعرض لها الـقشرة الخـارجيـة للأرض ترتبط بما ينتاب طبقة المانتل من اضطرابات وخاصة الجـزء العلوى لهذه الطبقة والذى يفصله عن القشـرة إطار ضيق وغير مـستمر يسـمى بحد «موهو» نسبـة إلى عالـم الزلازل اليوغوسلافى مـوهوروفيتش (Gardner, J. S, 1977, p 425) وبالنسبـة للقشرة الخارجية فهى مختلفة السمك من منطقة إلى أخرى، بحيث تبدو أدق ما تكون فى قيـعان المحيطات وخـاصة المحيـط الهادى، بينما يزداد سـمكها فى مناطق الجـبال المرتفعة على القارات.

ويتميز سطح القشرة بعدم انتظامه، وذلك بما يتضمن من قارات وأحواض محيطية وأخاديد بحرية عميقة deep sea trenches وقمم جبلية وغير ذلك من مظاهر عدم انتظام السطح.

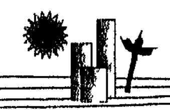
إلى جانب ما سبق فالقشرة من حيث التركيب والمحتوى الصخرى بالغة التعقيد، حيث تختلف صخورها اختلافا كبيرا فى مكوناتها ونظمها البنائية، فالكتل القارية تتكون فى معظمها من مواد جرانيتية، بينما توجد التكوينات البازلتية الأثقل وزنا أسفل القارات مع انكشافها على قيعان الأحواض المحيطية، وإن كانت تغطى بغطاءات رقيقة من الرواسب العضوية وغير العضوية التى ترسبت فوقها خلال العصور الجيولوجية المختلفة.

وبالنسبة لعدم انتظام سطح الأرض نجده يتضح من مقارنة بعض المناسيب المتباينة عليه، فنجد أن أعلى جزء بالقشرة الأرضية وهو قمة إفرست بجبال الهيمالايا يبلغ ٨٨٤٨ مترا (٢٩,١٤١ قدما) وأدنى منسوب يتمثل فى خانق منديناو mindinao ويبلغ ١١٥١٦ مترا أو نحو (٣٨٠٠٠ قدم) وبالمقارنة بنصف قطر الأرض الذى يبلغ ٦٣٦٨ كيلو متر أو (٣٩٥٠ ميلا) فإن الفارق التضاريسى على سطح الأرض والذى يبلغ ٢٠ كيلو متر (١٢,٤ ميل) يمثل نسبة محدودة للغاية من سمك الأرض، وإن كان رغم ذلك له شأن كبير من وجهة النظر الخاصة بالنشاطات البشرية على سطح الأرض.

صخور قشرة الأرض :

للمواد المكونة لقشرة الأرض أهمية كبيرة، ليس فقط لكونها تمدنا بمعلومات عن التاريخ الخاص بنشأة الأرض وتطورها، ولكن لكونها تتفاعل بدرجات متباينة مع عمليات التجوية والتعرية المختلفة، وتنعكس فى شكل ملامح مورفولوجية وظاهرات تعطى الشكل العام لسطح الأرض الذى نراه الآن.

وتعد الصخور أيضا مصدرا للمواد الخام المستخدمة فى نشاطات الإنسان المختلفة مثل الفحم الذى يرتبط فى معظمه بالصخور الكربونية والحديد والألومنيوم وغيرها من المعادن التجارية، إلى جانب كونها مصدرا للبترول والغاز الطبيعى، ولا ننسى أيضا أن التربة وهى أساس الحياة النباتية على سطح الأرض ما هى إلا مكونات صخرية اشتقت من الصخور المختلفة.



والمواد المكونة للأرض إما مواد عضوية organic materials أو غير عضوية inorganic.

وعموما فالصخور ببساطة عبارة عن أجسام طبيعية صلبة تتكون من معدن واحد،وفى أغلب الأحوال من أكثر من معدن وذلك بنسب متفاوتة، ولكل صخر تركيب معدنى وبالتالى تركيب كيماوى خاص.

تعد العناصر الكيماوية أساس كل المواد العضوية وغير العضوية، فالأكسوجين والسيلكون يمثلان مع بعضهما البعض ٧٥٪ من وزن مكونات قشرة الأرض، وتتكون الصخور الرئيسية المكونة للقشرة والتى تتمثل أساسا فى صخور الجرانيت والبازلت من سليكات متحدة مع عناصر أخرى. فالجرانيت عبارة عن سيلكات غنية بالحديد والمغنسيوم.

وتتكون الصخور المعروفة بثلاثة طرق، فالصخور النارية تتكون من خلال تبلور أو تصلب solidification المواد المنصهرة سواء داخل القشرة أو فوق سطحها، والصخور الرسوبية تنتج عن حدوث ترسيب الحبيبات الصخرية بواسطة الهواء أو الماء أو الجليد.

وتتراوح الحبيبات فى حجمها من غرويات colloids (طين دقيق جدا) إلى غرين ورمل وجلاميد boulders تتماسك أو تتحجر lithified مكونة للصخور، وقد تتحول الصخور النارية والرسوبية بفعل الحرارة المرتفعة أو الضغط أو التفاعلات الكيماوية لتنتج عن ذلك أنواع من الصخور التى تختلف فى خصائصها عن الأصل تعرف بالصخور المتحولة.

وتعد الصخور النارية أكثر الأنواع انتشارا فى الطبقة السطحية بسمك ١٦كم (١٠ ميل) حيث تمثل مع الصخور المتحولة عنها نحو ٩٥٪ من وزن المواد الصخرية المكونة للقشرة، بينما تمثل الصخور الرسوبية مع ما تحول عنها من صخور متحولة نحو ٥٪ فقط، ومن حيث الانتشار نجد أن الصخور الرسوبية - مع قلة وزنها - بالنسبة للصخور الأخرى - تغطى الجزء الأكبر من سطح الأرض المكشوف بالقارات وتغطى مساحات واسعة من قيعان المحيطات مما يدل على أثر عمليات التجوية والتعرية المختلفة ودورها فى عمليات النحت والترسيب، ويبين الجدول التالى رقم (١) نسبة ما تغطيه الصخور المختلفة من سطح القارات.



جدول (١) نسبة ما تغطيه الصخور المختلفة من سطح القارات

الصخر	الطين والصلصال	حجر رملى	جرانيت	حجر جيرى	بازلت	صخور اخرى
نسبة ما يغطيه من سطح القارات	٥٢٪	١٥٪	١٥٪	٧٪	٣٪	٨٪

المصدر : جاردنر ١٩٧٧. ص ٤٣١.

حيث يتضح منه أن الصخور الرسوبية تغطى الجزء الأعظم من مساحة القارات وخاصة الصخور الطينية والصلصالية تليها صخور الحجر الرملى بنسبة ١٥٪ بينما يغطى الحجر الجيرى ٧٪، وبالنسبة للصخور النارية نجد أن الجرانيت يغطى ١٥٪ والبازلت ٣٪ فقط.

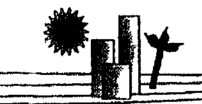
وفى الصفحات القليلة التالية إيجاز للخصائص المرتبطة بالصخور الرئيسية سابقة الذكر وكيفية تكونها وأنواعها المختلفة.

أولا الصخور النارية : Igneous Rocks

تكونت الصخور النارية من تصلب الصهير النارى magma داخل طبقات القشرة الأرضية أو فوق سطحها بعد خروج الصهير على السطح من خلال مناطق الضعف فى القشرة، وهذا الصهير - أو ما يعرف بالماجما أو اللافا - عبارة عن مواد معدنية منصهرة قادمة من طبقة المانتل باتجاه القشرة الأرضية.

ويتوقف نوع الصخور النارية على مكونات هذا الصهير ومعدلات تبريده وعلى نوع الغازات المصاحبة له، فمعدل التبريد يؤثر على معدل تبلورها وبالتالى على حجم ونمو البلورات، وعلى ذلك نجد أن التبريد السريع على السطح ينتج عنه صخور دقيقة البلورات أو قد تكون خالية من البلورات بحيث تأخذ المظهر الزجاجى glassy، أما الصهير الذى يكون الجرانيت (خشن الحبيبات) فإنه يكون قد استغرق عشرات الآلاف من السنين لكى يبرد عند أعماق بعيدة فى القشرة على عكس الحال مع الزجاج البركانى والأوبسيديان الذى تكون من صهير قليل الغازات برد بسرعة فوق سطح مكشوف.

وتختلف أنواع الصخور النارية تبعا لكميات السيليكا فى الصخر أو تبعا لدرجة التشبع بها، وكذلك تختلف من حيث أنواع المعادن المكونة لها ومن حيث اللون الذى يرتبط أساسا بالمعادن التى يتكون منها الصخر.



تنقسم الصخور النارية تبعا لنسبة وجود أكسيد السليكون بها إلى :

أ ـ صخور نارية حمضية: وتتراوح نسبة أكسيد السليكون فيها ما بين ٦٥ ـ ٧٥٪.

ب ـ صخور نارية وسيطة: وتتراوح نسبة أكسيد السليكون ما بين٥٥ ـ ٦٠٪.

جـ ـ صخور نارية قلوية: وتتراوح نسبة أكسيد السليكون ما بين ٤٥ـ ٥٥٪.

د ـ مجموعة الصخور فوق القلوية : تصل نسبة أكسيد السليكون بها أقل من ٤٥٪.

وتختلف أنواع الصخور النارية عن بعضها البعض كما أشير إلى ذلك آنفا حسب موقع تبلورها، وحسب نسيجها الصخرى texture فإذا ما برد الصهير النارى ببطء وعلى عمق كبير فينتج عن ذلك جرانيت خشن coarse granite كصخر بلوتونى تكون عند أعماق سحيقة، أما فى حالة إذا ما برد على السطح أو بالقرب منه فإنه يبرد أسرع وينتج عنه صخور ناعمة الحبيبات fine grained مثل صخر الريوليت وهو صخر فاتح اللون نسيجه دقيق جدا مكون من بلورات كوارتز وفلسبار زجاجى ومثل صخر البازلت، ويعد صخر الخفاف pumice من الصخور المسامية porous أو الإسفنجية التى بردت على السطح وقد اكتسبت خصائصها النسيجية من وجود الغازات بكميات كبيرة فى الصهير الأصلى.

ومن الصخور النارية القاعدية الجابرو* gabbro ويتكون من الفلسبار مع بعض الأوليفين مع اختفاء الكوارتز منه وهو ذو بلورات دقيقة شديدة التماسك، والأنديزيت** andesite الذى يحتوى على قليل من الكوارتز وكمية أكبر من المعادن المغنسيوم حديدية التى تعطيه اللون الداكن وإن كان أفتح لونا من البازلت وأغنى بالسليكون.

(*) يعد من الصخور القاعدية الباطنية، ويظهر على سطح الحافة الأطلنطية الوسطى، ووجوده على السطح يؤكد وجود حركة رفع تعرض لها القاع على طول امتداد الحافة.

(**) تمتد تكويناته فى المحيط الهادى خاصة قرب أقواس الجزر، وأما البازلت فيظهر فى أماكن محدودة مثل أثيوبيا وهضبة الدكن. ويظهر فى مصر فى بعض المناطق مثل منطقة رقبة النعام بسيناء وقرب المنيا وفى منطقة أبو زعبل.



ومن الصخور الوسيطة السمحاق الإمبراطورى أو البروفيرى prophyry ويتكون تحت ظروف تختلف نسبيا عن ظروف تكون الجرانيت، ويتكون من بلورات متوسطة الحجم من الفلسبار والكوارتز والبيوتيت.

ثانيا : الصخور الرسوبية Sedimentary Rocks

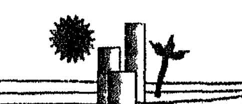
تغطى الرواسب sediments والصخور الرسوبية بأسماكها المختلفة معظم سطح القشرة الأرضية، وتختلف اختلافا كبيرا فى ألوانها وفى نسيجها وطرق نشأتها عن الصخور النارية.

والصخور الرسوبية تمثل فى الواقع النتاج النهائى لعمليات التجوية والتعرية المختلفة بعد إعادة الترسيب redeposition للمواد الأرضية. ويوضح الجدول التالى رقم (٢) أحجام الحبيبات المختلفة التى تتكون منها الصخور الرسوبية والتى تتراوح ما بين أقل من ٢, ٠ لحبيبات الصلصال الدقيقة إلى أكثر من ١٠٠ ملم بالنسبة لأقطار الجلاميد boulders.

جدول (٢) أحجام الحبيبات فى الرواسب

حصباء	٢ ـ ١٠ مم
حصى	١٠ ـ ١٠٠ مم
جلاميد	أكثر من ١٠٠ مم
رمل خشن	٢ ـ ٥, ٠ مم
رمل متوسط	٥, ٠ ـ ١, ٠ مم
رمل ناعم	١, ٠ ـ ٢, ٠ مم
سلت	أقل من ٢, ٠ مم
صلصال	... ...

وأهم ما يميز الصخور الرسوبية وجودها فى شكل طبقات strata ترتبط كل طبقة stratum بظروف وطبيعة عمليات الترسيب، بحيث يمكن تمييز كل طبقة عن الأخرى بدراسة تركيبها ومكوناتها المعدنية وعادة ما يفصل الطبقة عن الأخرى ما يعرف بسطح الطبقية أو سطح الانفصال bedding plane، وعندما



تترسب الصخور الرسوبية فى شكل طبقات متتابعة فوق بعضها البعض ومتوازية مع بعضها البعض يطلق عليها حينئذ أنها طبقات متوافقة، أما عدم التوافق فيحدث بظهور سطح يبين تعرية صخور قديمة أو يبين انقطاعا فى عملية الترسيب يفصل بين صخور قديمة وأخرى أحدث (أحمد مصطفى، ١٩٩٠، ص ٢٣٧).

تتميز الصخور الرسوبية كذلك باحتوائها* على حفريات fossils كبقايا هيكلية للأحياء النباتية أو الحيوانية التى كانت تعيش خلال فترات الترسيب والتى بدورها تدل على ظروف البيئة الطبيعية القديمة وتطور سطح الأرض.

وعادة ما تصبح الرواسب المفككة صخورا إذا ما تعرضت لعمليات التحجر lithification التى تشتمل على الاندماج أو إعادة تنظيم الرواسب والتفاعل مع الماء أو التحول بفعل الإذابة التى تمر بها بعض الرواسب.

فعملية الاندماج أو التماسك compactness تحدث فى معظم الرواسب عندما تتعرض لثقل معين أو ضغط ما حيث يتكون الحجر الطينى بهذه الكيفية مع تكونه من حبيبات دقيقة (١٢٥,٠ - ٠٥٠,٠ ملم) لها القدرة على التلاحم بالضغط بشكل أكبر من الرمال أو الحصباء.

ويأتى الضغط أساسا من خلال عمليات ترسيب مستمر لطبقات طينية متتابعة مثلما يحدث فى قيعان البحار أو البحيرات، ينتج عن ذلك قوى ضرورية لعملية التماسك بعد خروج المياه عن طريق العصر squizing والذى يؤدى إلى نقص الحجم بنسبة ٤٠٪.

أما التكون بواسطة التحجر فيتم من خلال وجود مادة لاحمة مثل الكالسيت والكوارتز وكربونات الحديد وأكسيد الحديد تتفاعل مع المياه الموجودة بالرواسب مثلما يحدث فى حالة تلاحم الحجر الرملى أو الدماليك conglomerates والأخيرة يطلق عليها المجمعات أو الرصيص وهى صخور تتكون من حصى يلتحم بعضه ببعض بمواد دقيقة تترسب عادة على الشواطئ أو عند مخارج الأودية النهرية وفى

(*) على الرغم من أن الرواسب أو الصخور الرسوبية تغطى أكثر من ثلاثة أرباع سطح الأرض إلا أنها تكون حوالى ٥٪ من صخور القشرة، ويرجع ذلك إلى أنها توجد على هيئة غطاء رقيق غير متصل يبلغ متوسط سمكه نحو ٨٠٠ متر فقط.



المراوح الفيضية، وكذلك تكوينات البريشيا breccia وتختلف عن الدماليك بحبيباتها ذات الزوايا الحادة والتى تعكس قصر المسافة التى انتقلت خلالها بين المصدر (قمة الجبل أو الوجه الحر للسفح) ومنطقة الترسيب، وعموما فإن نوع الصخور الرسوبية وعمليات التحجر والتركيب الصخرى تعتمد أساسا على بيئة الترسيب والتى تنقسم إلى بيئة بحرية وبيئة انتقالية وبيئة قارية، ومعظم الصخور الرسوبية نتجت عن الترسيب فى البيئة البحرية، وأهم هذه الصخور الحجر الجيرى العضوى organic limstone ويتكون من معدن الكالسيت أساسا حيث يتكون من بقايا هياكل الأحياء البحرية والمرجانية وغيرها.

ومن الصخور الجيرية الأخرى الحجر الجيرى الكيماوى أو **الطوفا Tufa** وهو حجر جيرى فاتح اللون مسامى ترسب حول فتحات الينابيع أو داخل الكهوف الكارستيه فى شكل أعمدة صاعدة stalactites أو نازلة stalagmites أو مائلة، وقد يظهر كاسيا جوانب وأرضية الكهوف ويعرف هنا باسم الترافرتين travertine.

أشكال وتراكيب الصخور الرسوبية :

(أ) التطابق : أهم ما يميز الصخور الرسوبية وجودها فى طبقات* متعاقبة من الصخر، ويوجد أيضا ما يعرف بالتطابق الكاذب فى حالة الشواطئ البحرية والنهرية، وذلك بسبب تعرضها لتغير مستمر فى قوة التيارات واتجاهاتها وقت تكوينها.

(ب) العلامات التموجية (النيم) : وتنتج عن الرياح والأمواج وعادة ما تكون عمودية على اتجاه حركة الرياح والماء.

(جـ) طابع نقط المطر : تظهر على الرواسب نتيجة سقوط الأمطار ثم تماسكها بعد مرور الوقت.

(ء) تشققات الطين : تنتج بسبب انكماش السطح مع التجفيف، وتختلف فى عنقها وشكلها وأطوالها وكثيرا ما تظهر على هوامش السبخات، فقد أظهرت دراسات (كليو ١٩٨٩) لخبرة الرتقة بالكويت

(*) تعنى الطبقة : سمكا متجانسا من المواد الرسوبية له سطحان متوازيان تقريبا. يختلف هذا السمك من رقائق إلى عدة أمتار كما تختلف من حيث دقة حبيباته أو خشونتها أو لونها وتركيبها الكيماوى.



أن تشققاتها الطينية قد حدثت على الأطراف باتجاه المركز، وهذا ما يحدث فى السبخات ذات الترسيب الطينى الحديث.

ثالثا: الصخور المتحولة Metamorphic

تنشأ الصخور المتحولة عن تحول الصخور الرسوبية أو النارية تحت تأثير الحرارة والضغط والسوائل الحارة التى تنتهى بها إلى صور صخرية تختلف عن الأولى فى شكل تركيباتها وتكوينها المعدنى.

ويعنى التحول metamorphism ببساطة حدوث تغير فى الشكل نتيجة للعوامل السابقة والتى أثرت على تكوينات الصخر وتركيبه بحيث قد تحتوى الصخور المتحولة على معادن لا توجد فى الصخور الأصلية.

ويتم التحول بثلاثة طرق رئيسية :

أ ـ **التحول الحرارى** : حيث تسبب الحرارة الشديدة فى أعماق معينة من القشرة مع ما تحمله من سوائل حارة إلى تحول الصخور وإعادة تبلورها تبلورا جزئيا أو كليا، ويعرف هذا التحول بالتحول الحرارى thermal metamorphism.

ب ـ **التحول الاحتكاكى contact.m.**: ويحدث ذلك عندما تتدفق الماجما من باطن القشرة وتحتك بالصخور المحيطة بها، وتسبب إعادة تبلورها مع إعادة تلاحمها، ومن الصخور التى تحولت بهذه الطريقة الهورنفلس hornfels وهى عبارة عن صلصال أو طفل متحول نتيجة تماس أو احتكاك حرارى، أى حرارة عالية وضغط معتدل ويتميز بلونه الداكن ويحدث رنينا عند اصطدامه بصخر آخر؛ ولذلك يعد من الصخور الرنانة.

جـ ـ **التحول الديناميكى** : وينتج عن حدوث تحركات فى الصخور نتيجة لشدة الضغط الواقع عليها، ومن الصخور التى تحولت بهذه الطريقة الإردواز slate وينتج عن تحول الطفل وهو ذو بنية طباقية ورقية أخذها من الصخر الأصلى الذى تحول عنه ولونه رمادى ضارب إلى الزرقة.



وعندما تتعرض منطقة واسعة للضغط الشديد يصحبه ارتفاع فى درجة الحرارة وخروج الماجما، يطلق على هذه العملية فى هذه الحالة التحول الإقليمى regional metamorphism.

والواقع أن التكوين المعدنى للصخور الأصلية يحدد نوع الصخر المتحول والذى يعد الكوارتزيت أكثرها شيوعا، وقد تحول أساسا من الحجر الرملى وكذلك الرخام الذى تحول من الحجر الجيرى، والنايس والشست وهما متحولان عن الجرانيت، والأخير منها (الشست) يتكون من فلسبار وميكا، ومكسره مموج وسطحه غير مستوى وتسمى هذه الخاصية بالبنية الشستية schistosity وهناك أنواع للشست منها الميكاشست ويتركب أساسا من صفائح الميكا والهورنبلند شست وهو عبارة عن هورنبلند وكوارتز ولونه داكن، أما النايس فهو أكثر تحببا من الشست وهو عبارة عن خليط معقد من الصخور يطلق عليه ميجماتيت migmatite وهو عادة أغنى فى الفلسبار من الشست ويحتوى على الميكا أو أحد المعادن الداكنة.

وهناك أنواع من النيس مثل النيس المسكوفيتى، والنيس الجرانيتى، والنيس الهورنبلندى، ولكل نوع منها خصائصه المميزة (أحمد مصطفى، ١٩٩٠، ص ٦٤).

ويعد الكوارتزيت من الصخور التى نتجت عن تحول صخور رسوبية تحتوى على الكوارتز مثل الصخور الرملية والصوان التى تختلف فى درجة تبلورها وصلابتها، ويتكون الكوارتز نتيجة لإعادة تبلور معادن هذه الصخور بسبب عمليات التحول الاحتكاكى (التماسى) أو الديناميكى، ويختلف لون صخر الكوارتزيت من القرمزى إلى الأحمر وذلك بسبب وجود شوائب من أكاسيد الحديد، ويكون الكوارتز نحو ٩٨٪ من مكونات الكوارتزيت ويتميز بالصلابة وقدرته على مقاومة التآكل، لذلك يستخدم فى كثير من المنشآت الهندسية، كما تستخدم الأنواع النقية منه فى صناعة الزجاج وغيرها (فخرى موسى وزملاؤه، ١٩٦٨، ص ٩٠).

الحركات التكتونية بالقشرة الأرضية :

(طبيعتها ـ أسبابها ـ الظاهرات الناتجة عنها)

من الحقائق المعروفة منذ فترات زمنية بعيدة نسبيا أن درجة الحرارة تزداد بالتعمق فى القشرة الأرضية، وإذا كان هناك تدرج حرارى بالزيادة قد ظهر خلال القياسات التى تمت بالمناجم العميقة وقدر بنحو درجة مئوية واحدة كل ٣٠مترا، فإن هذا التقدير فى الواقع يختلف من منطقة إلى أخرى وخاصة مع اكتشاف دور النشاط الإشعاعى للمواد المعدنية المشعة radioactive substances فى توليد الحرارة مما يجعل الباب مفتوحا أمام الدراسات المستقبلية للكشف عن طبيعة هذا الموضوع والخاص بحرارة باطن الأرض وما يرتبط بها من عمليات باطنية تنعكس على القشرة الأرضية .

وفى الصفحات التالية دراسة عن الحركات التكتونية وأثرها فى تشكيل سطح الأرض.

أولا : البركنة والأشكال البركانية

:Volcanism and Volcanic forms

١ ـ البركنة :

تأخذ البركنة عدة أشكال تتضمن كلها خروج الصخور المنصهرة والغازات والمواد الصلبة إلى سطح الأرض بالقارات وقيعان الأحواض المحيطة، وتشتمل المواد الخارجة على رماد بركانى volcanic ash يترسب فى أشكال تتراوح بين فرشات لافية lavasheets واسعة ومخاريط بركانية volcanic cones بأبعادها وأشكالها المختلفة.

والمصدر الرئيسى للمواد المنصهرة يتمثل فى النطاق الأسفل من القشرة الأرضية أو الحد الأعلى من طبقة المانتل حيث تكون الصخور فى حالة مرنة وعندما تتحول إلى حالة سائلة تتمدد وتتطلب مع تمددها حيزا أكبر مما يدفعها إلى الخروج إلى أعلى عبر مواضع الضعف من تشققات وصدوع تقع أعلاها، فإذا ما وصلت المواد المنصهرة (الماجما) وما يصاحبها من غازات ومواد صلبة إلى السطح خلال أعناق البراكين أو الشقوق السطحية يحدث الاندفاع البركانى أو الطفح



اللافى lava erruption ، ويعتمد نوع الخروج أو الطفح البركانى على درجة الحرارة ومكونات الصهير، وكمية الغازات والمواد الصلبة، واتساع الشقوق والفتحات التى تتحرك خلالها هذه المواد المنصهرة، وكذلك درجة لزوجة الصهير والضغط المصاحب له، أما عن خصائص المواد ما بين صلب وسائل وغاز، بالنسبة للمواد البركانية الصلبة التى تتكون منها الصخور البركانية فهى فى الأصل عبارة عن مواد سائلة ولكنها تبرد وقد تتجمد فى عنق البركان أو على السطح، وعندما تتجمد فى العنق تندفع بعد ذلك فى حالة حدوث نشاط بركانى ثانى، فتخرج بعنف فى شكل مقذوفات بركانية، وقد يصل حجم بعض هذه الكتل أو المقذوفات إلى عشرات الكيلوجرامات، وقد تتكون رغوة من صهارة سيليكية تتخللها غازات، وعندما تتجمد تتحول إلى صخر غنى بالمسام فى نسيج إسفنجى يعرف بحجر الخفاف pumice.

أما المواد السائلة (اللافا أو اللابا) فتخرج من فوهة البركان وتنساب على السطح لمسافات كبيرة نسبيا، يخضع انسيابها إلى عدة عوامل: أهمها طبيعتها وقوة اندفاع البركان وانحدار الأرض، وتتراوح درجة حرارتها عند خروجها مباشرة ما بين ٨٠٠ و ١٢٠٠° تنخفض حرارتها كلما ابتعدت عن الفوهة كما تزداد درجة لزوجتها إلى أن تتصلب وتتحول إلى صخور بركانية تتراكم بعضها فوق بعض حول البركان (شكل رقم ٣).

وتصحب البركان غازات تنبعث من الفوهة ومن الشقوق المجاورة أكثرها شيوعا بخار الماء الذى يتكاثف فى الجو ويسقط أمطارا عقب الانفجار البركانى تختلط هذه المياه أحيانا بالرماد البركانى فتسبب تدفقات طينية تكون مدمرة للمراكز العمرانية القديمة كما حدث فى الفلبين ١٩٥٢ عقب انفجار البركان قرب مدينة مانيلا، ومن الغازات الأخرى ثانى أكسيد الكربون والأيدروجين وثانى أكسيد الكبريت والكلور والنتروجين.

٢ ـ أنواع البراكين :

تتوقف أنواع البراكين على نوع المواد الصخرية المنبعثة منها وعلى كيفية خروجها، فكلما انخفضت نسبة السيلكا كانت اللافا أكثر سيولة مما يعطيها القدرة على الانسياب السطحى لمسافات بعيدة، ويحدث العكس عندما ترتفع بها نسبة



السيلكا وتصبح اللافا حينئذ حمضية ولزوجتـها مرتفعة فتبرد بسرعة وتتراكم بالتالى متجمدة فى أقرب مكان من فوهة البركان التى خرجت منها.

وأهم أنواع البراكين كما يوضحها الشكل رقم (٣) :

أ - نوع هاواى :

وهو نوع هادئ نسبيا يعطى مظهرا شبيها بالقبو الضخم مع ظهور ملامح ترتبط بالصخور البازلتية، وعادة ما تعلوه بحيرة لافية تتمثل فى فتحة بركانية متسعة، وتخرج اللافا فى هذا النوع من البراكين من الفوهة الرئيسية للبركان ومن فتحات وشقوق تظهر على جوانب البركان (شكل ٣).

وقد تكونت جزر هاواى بهذه الطريقةحيث تمثل جزءا من سلسلة براكين وسط المحيط الهادى تشكل معظمها من طفوح بركانية بازلتية خرجت من خلال الشقوق المنتشرة على قاع المحيط الهادى.

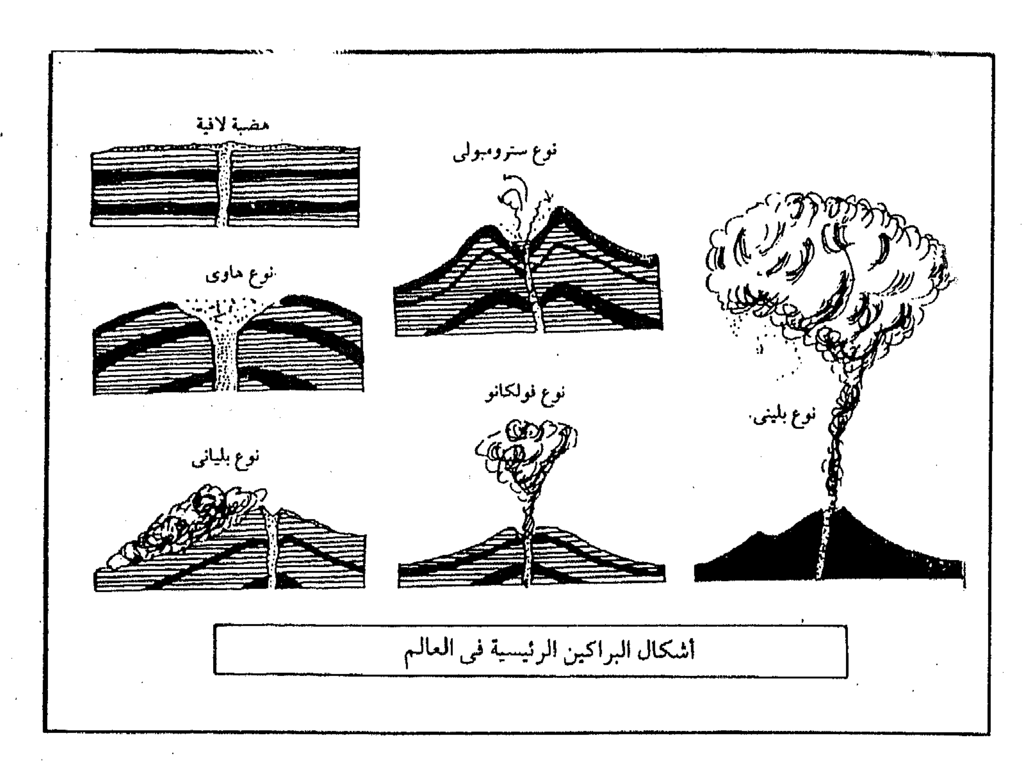
وأشهر وأبرز البراكين فى جزر هاواى بركان مونالوا بارتفاع ٤١٦٨ مترا فوق مستوى سطح البحر مع امتداد جذوره فى قاع المحيط حتى عمق - ٤٦٠٠متر، وكذلك بركان موناكيا الذى يعد من البراكين الرئيسية بجزر هاواى كما يتضح ذلك من شكل(٣).

وتمتاز اللافا فى بركان هاواى بسيولتها الشديدة وذلك بسبب انخفاض نسبة السيلكا بها، وارتفاع درجة حرارتها إلى ١٢٠٠ درجة مئوية وقوة الغازات المصاحبة مما يقلل كثيرا من حدوث الانفجارات المصاحبة لخروج اللافا من البراكين، وعندما تطفح فوهة البركان تنساب اللافا على الجوانب لمسافات تتراوح ما بين ٤٠ و ٨٠ كيلو متر بسرعة انسياب سطحى تتراوح ما بين ٢٠ و ٣٠ كيلو متر فى الساعة.

ب - نوع سترومبولى :

نسبة إلى بركان بهذا الاسم فى جزر ليبارى بإيطاليا، ويتميز هذا النوع من البراكين بعنف اندفاع اللافا من فوهته أثناء نشاطه، وذلك بسبب حموضتها الزائدة



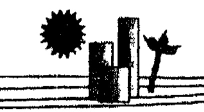


شكل رقم (٣)

الناتجة عن ارتفاع نسبة السيلكا بهـا إلى جانب ما بها من غازات وقد نتج عن ذلك تراكم اللافا قرب جسم البركان لصعوبة انسيـابها بسبب لزوجتها الزائدة، بجانب ما يرتبط بالنشاط البـركانى من انفجـارات متقطعة وخـروج مقذوفات بركـانية بشكل عنيف ومدمر مع تكون رغاوى اللافا المكونة لصخر الخفاف.

جـ - فولكانو :

يوجد كـذلك فى جزر لـيبارى الإيطالـية يشبـه النمط السـابق فى كثـير من الخصائص، وقد حدث آخر انفجار له فى سنة ١٨٨٨، وقد نتج عن هذا الانفجار إزالة فوهة البركان وانسياب لافا لزجـة تجمدت سريعا قرب الفوهة، وأهم الملامح الناتجة عن هذا النمط البركانى جـبال بركانية ذات قمم مخروطيـة مثل جبل فوجى ياما البـركانى باليـابان، وفيزوف فى إيـطاليا، وهوود Hood فى ولاية أوريجـون الأمريكية ومايون فى الفلبين وكلها نماذج بركانية كلاسيكية.



د ـ نمط بيلى Pelean Type :

أكثر أنواع البراكين تدميرا حيث تندفع منه لافا مختلطة برماد بركانى وغازات مشتعلة تندفع بسرعة على الجوانب وإلى أعلى فى شكل سحابة متوهجة، وقد أخذ هذا الاسم من جبل Pelee بجزر المارتنيك بالبحر الكاريبى والذى انفجر فى عام ١٩٠٢ ودمر مدينة سانت بيير وقتل أكثر من ٣٠ ألف نسمة فى خلال دقائق قليلة (Gardner, J, 1977, p 439).

٣ ـ الأشكال البركانية :

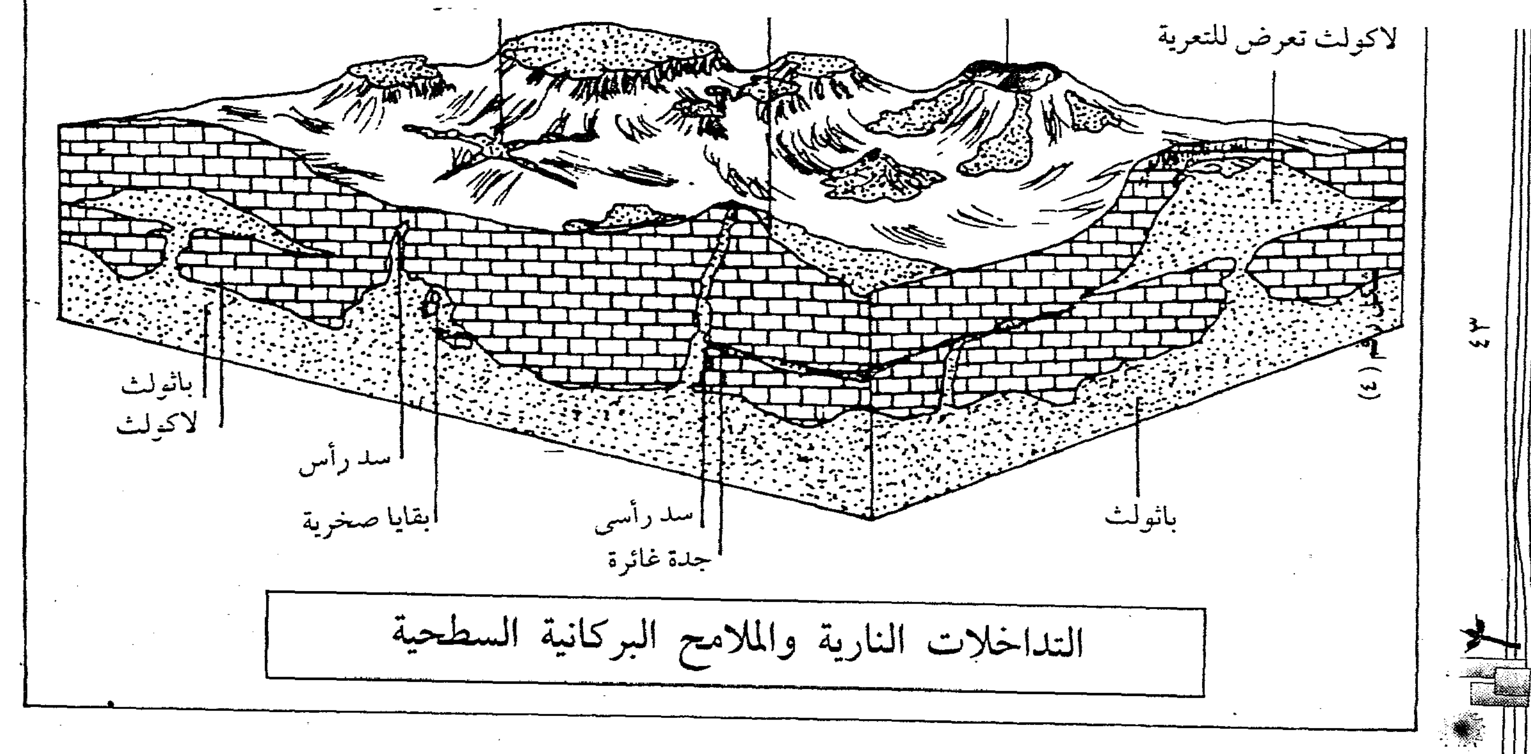
هناك علاقة قوية بين الأشكال البركانية السطحية، وتلك الأشكال تحت السطحية والتى نتجت بدورها عن تداخل الماجما بين الطبقات الصخرية كما يتضح ذلك من الشكل رقم (٤) الذى يبين الظاهرات البركانية السطحية ومنها بركان مع انسياب اللافا على جوانبه وتظهر به كذلك كالديرا caldera مع وجود مخروط بركانى داخله تكون فى مرحلة لاحقة، وقد نشأت الكالديرا عن شكل مخروط تعرض للتحطم بسبب تتابع الانفجارات البركانية وخروج اللافا بشكل عنيف أدى إلى تقويض قمة البركان ثم تكون المخروط الداخلى الجديد حيث نشط البركان من جديد، وقد تصبح الكالديرا موضعا لبحيرة مثل بحيرة توبا شمال جزيرة سومطرة.

ويظهر من الشكل كذلك بعض الميسات meses والتلال الصغيرة التى تغطيها اللافا وتبدو مستوية القمم.

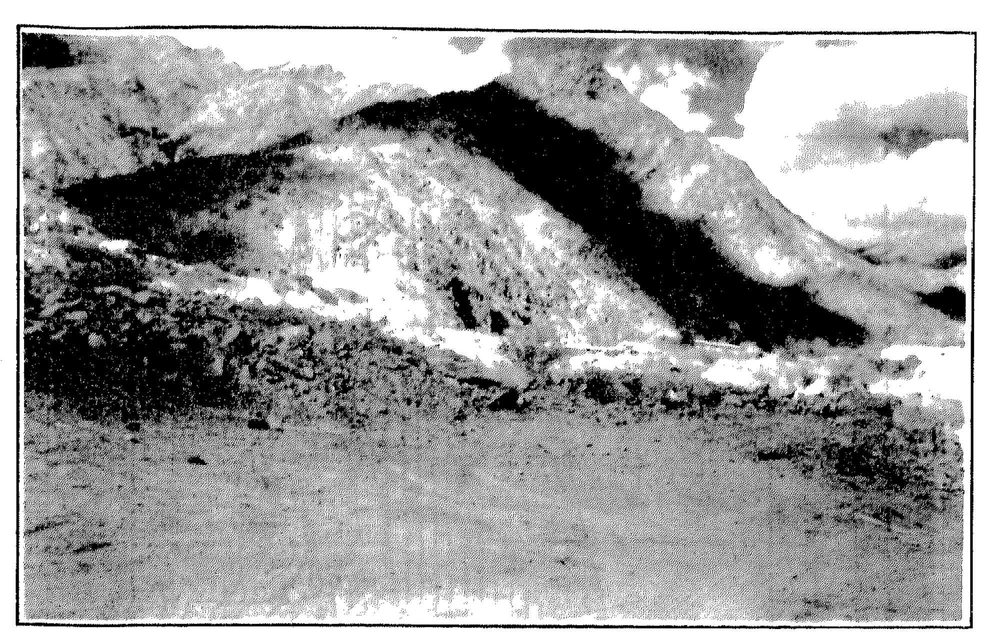
ومن الظاهرات التى يبرزها شكل (٤) بعض الأشكال البركانية الغائرة منها الجدد الغائرة sills وتعرف كذلك بالسدود الأفقية حيث تمتد فى شكل تداخل نارى أفقى بامتداد سطح الطبقية bedding-plane فيما بين الطبقات الرسوبية والحواجز الصخرية dykes التى تعرف بالسدود الرأسية، كما يتضح ذلك من الصورة رقم (١) وتظهر عندما تتداخل الصخور النارية متقاطعة مع سطح الطبقات فى وضع رأسى أو مائل inclined وتظهر أيضا من الشكل كتلتان من اللاكولث laccolith العدسية الشكل(*) واحدة منهما تحت سطحية والثانية قد انكشفت على السطح بفعل عمليات التعرية المختلفة.

* تعرف أحيانا بالسام الغائر أو كتل الأعماق وهى عبارة عن كتلة ضخمة من الماجما المتصلبة غالبا ما تمثل جذورا جبلية تتكون فى أغلب الأحوال من صخور الجرانيت.





التداخلات النارية والملامح البركانية السطحية



صورة رقم (١)

وجدير بالذكر أن بعض الحواجز الصخرية الرأسية تبدو على السطح بعد إزالة عوامل التعرية للصخور الرسوبية - فى شكل عرق جبلى ridge أوفى شكل حافة ويحدث ذلك بسبب صلابته ومقاومته لعمليات التعرية، ولكن أحيانا عندما تتكون هذه السدود من صخور ضعيفة يكون من السهل تعريتها وتشكيل منخفضات ضحلة، ويعد المظهر الصخرى المعروف باسم برج ديفل Devil's Tower فى ولاية وايومنج الأمريكية نموذجا نادرا لجزء من لاكولث قد كشفته عمليات التعرية.

وجدير بالذكر أن التداخل النارى فى شكل جدد أو سدود لا يقتصر على الطبقات الرسوبية ولكن كثيرا ما تظهر على جوانب الجبال النارية الأقدم متخيرة الشقوق الضخمة أو مناطق الصدوع، وتظهر كثيرا على جوانب الجبال الأركية بالبحر الأحمر وشبه جزيرة سيناء وعادة ما تكون ذات لون داكن بالمقارنة بالصخور الأقدم التى تحيط بها.

ومن مظاهر الطفوح البازلتية البركانية ما تعرف بالأرصفة اللافية lava-platforms وتنتج هذه الأرصفة من التدفق المتتابع للتكوينات البركانية المنصهرة وذلك من خلال الشقوق العديدة التى توجد فى مناطق كثيرة من القشرة الأرضية، ويبدو الرصيف اللافى أقرب ما يكون إلى الشكل الهضبى حيث يصل سمك بعض هضاب اللافا إلى أكثر من ٢٠٠٠ متر، وذلك فى هضبة الدكن قرب مدينة

بومباى بالهند، وفى هضبة كولومبيا وسنيك شمال غرب الولايات المتحدة وتقترب مساحتها من نصف مليون كيلو متر مربع وكذلك فى مناطق من هضبة جنوب إفريقيا وفى هضبة الحبشة وأجزاء من غرب الجزيرة العربية.

وتظهر الطفوح البازلتية فى مصر فى منطقة أبو زعبل وعلى طول طريق القاهرة السويس، وفى بعض المناطق الأخرى فى سيناء والصحراء الغربية فى منخفض الواحات البحرية وأجزاء من هضبة الجلف الكبير.

وجدير بالذكر أن للطفوح اللافية البازلتية أهمية كبرى خاصة بعد تجويتها ونحتها ونقلها بواسطة عمليات التعرية وخاصة النهرية، حيث تعتبر من أفضل الصخور المكونة للتربة الزراعية، ومثالنا فى ذلك تربة وادى النيل فى مصر التى نقلت فى معظمها من هضبة الحبشة عبر النيل الأزرق والسوباط والعطبرة.

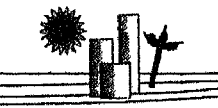
ثانيا الزلازل Eartgquakes :

تعريفها : عبارة عن اهتزازات مباغتة وقوية لقشرة الأرض تنتج بفعل التحرر السريع للطاقة المتجمعة فى الصخور، وتتشعع هذه الطاقة من مصادرها أو من بؤرتها focus فى كافة الاتجاهات، وبصفة عامة فإن كل اهتزاز طبيعى يحدث فى سطح الأرض مهما كانت قوته يمكن اعتباره زلزالا.

أنواعها : أهم أنواع الزلازل ما يعرف بالزلازل التكتونية أو الزلازل البنائية وهى من أكثر أنواع الزلازل قوة وتدميرا.

وتنتج هذه الزلازل أساسا بسبب تحرك الصفائح التكتونية tectonic plates التى يتألف منها سطح الأرض بالنسبة لبعضها البعض، وذلك فوق الطبقة المنصهرة جزئيا من المانتل، وتحدث الحركة على طول الحدود الفاصلة بين هذه الصفائح متقاربة أو متباعدة أو متحركة بالتماس مما يسبب اضطرابا فى باطن الأرض ينعكس على القشرة فى شكل تشققات واندفاعات بركانية وزلازل وحركات رفع وحركات هبوط.

وفى حالة تعرض الصفائح أو قطاعات منها إلى أية حركات (خاصة عندما تكون حركة التقاء) يؤدى ذلك إلى تعرضها لقوى ضغط وقوى شد ينتج عنها كميات ضخمة من القوى المبذولة فى ذلك، تتحول إلى طاقة حركية تتحرك فى شكل موجات منتشرة فى جميع الاتجاهات وهى ما تعرف بالموجات الزلزالية التى يتسبب عنها اهتزاز لقشرة الأرض تتناسب قوته مع شدة طاقة الموجات المرتبطة بشدة الضغط أو الشد Tension.



وجدير بالذكر أن الزلزال الذى تعرضت له الأراضى المصرية فى ١٢ أكتوبر ١٩٩٢ من هذا النوع التكتونى، وقد كانت قوته نحو ½ ٥ بمقياس ريختر وهى قوة مدمرة تسببت كما نعرف فى حدوث تشققات أرضية وهبوط أرضى subsi-dence، مثلما حدث فى منطقة العياط وغيرها من مناطق وتهدم مبانى فى مناطق مختلفة فى مدينة القاهرة وغيرها من معظم المدن المصرية(*).

والزلازل كما نعرف فجائية وقوية حيث إن للصخور طريقتها الخاصة فى اختزان الطاقة وإطلاقها بشكل فجائى، ففى حالة تعرض القشرة لفترة طويلة إلى قوة ما تسبب لها إجهادات stresses، فإن تلك الإجهادات أو الضغوط تؤدى إلى تشقق الصخر واندفاع الكتل المجاورة فى اتجاهات مضادة أفقية ورأسية مما يجعلها تتحرر (عند حدوث التكسر) من الطاقة التى اختزنتها لتهتز الأرض، ويمكن أن يصاحب الاهتزاز تشققات أخرى لتتولد اهتزازات خلال ساعات أو أيام بعد الهزة الأولى، وفى حالة تحرك الصخور مرة أخرى على جوانب الانكسارات تتولد اهتزازات هى التى عرفناها باسم التوابع الزلزالية(*).

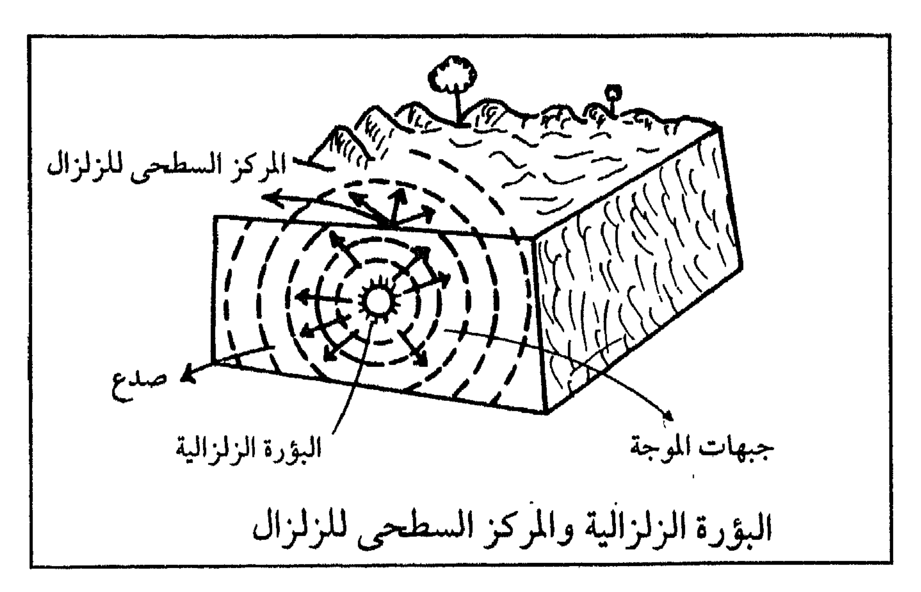
ومن الأنواع الأخرى للزلازل: الزلازل البركانية وتحدث مصاحبة للانفجارات البركانية وإن كان ليس شرطا أن كل انفجار بركانى يصاحبه اهتزازات أو زلازل وإذا ما حدثت فهى ضعيفة بشكل عام وتتميز بالصفة المحلية أى قرب منطقة الانفجار البركانى ولا تبتعد كثيرا عنها.

وهناك زلازل الانهيارات mass wasting earthquakes وهى من الأنواع نادرة الحدوث تنتج عادة عند حدوث انهيار سقف أحد المناجم وخاصة تحت الأرضية أو الباطنية، وقد يحدث زلزال بسبب انهيارات أرضية مثلما حدث فى بيرو سنة ١٩٧٤ حيث تعرضت لانهيارات أرضية وتدفقات طينية عنيفة على طول وادى نهر مانتارو، وقد يكون الإنسان من أسباب حدوث الزلازل من خلال التفجيرات النووية تحت الأرض.

الموجات الزلزالية Seismic Waves:

تتولد موجات زلزالية اهتزازية عند حدوث زلزال فى نقطة ما من الأرض تنتشر فى جميع الاتجاهات مبتعدة عن موقع الزلزال (شكل ٥).

(*) تعد منطقة دهشور - جبل قطرانى مركزا للزلزال وفقا لبيانات مرصد العلوم الفلكية والجيوفيزيقية، وقد ظهرت دلائل بهذه المنطقة ارتبطت بالزلزال أهمها تشققات أرضية برواسب البحيرات شرق وجنوب قصر الصاغة وكذلك بمنطقة كوم أوشيم. كذلك وجد شق ممتد لمسافة كيلو متر واحد فى دهشور شمال هرم أمنحتب الثالث حدث اندفاع للمياه فى أطفيح ومنية الصف وغيرها.



شكل رقم (٥)

وقد قسمها علماء الزلازل Seismologists إلى ثلاثة أنواع :

أ - الموجات السطحية :

وهى الموجات المدمرة المصاحبة للزلزال وتجتاز من المركز السطحى للزلزال متحركة فى مجال متعرج على سطح الأرض بسرعة نحو ٤ كم / ثانية.

ب - الموجات الطولية :

وهى تشبه الموجات الصوتية، وتنتقل فى جميع الأجسام وتتراوح سرعتها ما بين ٥,٥ و ١٣ كم/ثانية وهى أول ما يصل إلى سطح الأرض.

جـ - الموجات المستعرضة :

وهى أمواج اهتزازية تنتشر متعامدة على الموجات الطولية، ويمكن تشبيه كيفية حدوث الاهتزازات الأرضية بانفجار يحدث تحت سطح الأرض تنبعث منه تموجات سطحية فى شكل دوائر تتسع وتضعف (تخفت) بالبعد عن المركز، وتضعف كل الاهتزازات بعد انتهاء الانفجار لفترة تتناسب مع قوته.

طرق قياس شدة الزلزال :

من المقاييس القديمة للزلازل ما قام به جيبسيه ميراكللى عام ١٩٠٢ لقياس شدة الزلزال من خلال مقياس وصفى تختلف خلاله شدة الزلزال حسب البعد أو القرب من البؤرة الزلزالية، ويتألف هذا المقياس من ١٢ درجة (راجع بالتفصيل، على موسى، ١٩٩٠، ص ٣٣، ٣٤).



جدول (٣) شدة الزلزال تبعا لمقياس ريختر

درجات ريختر	شدة الزلزال
٢,٥ فأقل	لا يشعر به الإنسان (غير محسوس)
٤,٥	ضرر محلى محدود
٦	يدمر المناطق المزدحمة بالسكان
٧	أضرارها ضخمة جدا تحدث بمعدل ١٠ مرات كل سنة
أكثر من ٨	زلازل ضخمة وغاية فى التدمير تحدث مرة (فى فترة تتراوح ما بين ٥ ـ ١٠ سنوات)

ومن الأجهزة واسعة الانتشار حاليا مقياس ريختر Richter المستخدم فى قياس درجة شدة الزلزال وهو مقياس لوغاريتمى، ومعنى ذلك أن تزايد درجة فى المقياس يقاربها زيادة فى حركة الأرض عشر مرات، وانطلاق طاقة أكبر بـ ٣٠ مرة وهكذا.

وزلزال قدره ٦,٥ ريختر سيطلق طاقة أكبر بـ ٣٠ مرة من زلزال ٥,٥ ريختر وأكبر من زلزال ٤,٥ ريختر بـ ٩٠٠ مرة. وزلزال رئيسى قدره ٨,٥ يطلق طاقة أكبر بحوالى مليون مرة من طاقة يطلقها زلزال ضعيف يشعر به الإنسان (زلزال محسوس).

مناطق الزلازل الرئيسية وآثارها الجغرافية :

يحدث على سطح الأرض سنويا أكثر من مليون زلزال، ولكن الذى يسبب ضررا منها لا يزيد لحسن الحظ على ٧٠٠ زلزال وعادة ما تكون المدن أو القرى القريبة من المركز الزلزالى السطحى Epicenter. أكثر المدن تأثرا بالاهتزازات، ويسمى الجهاز الخاص بقياس الزلازل بالسيسمومتر Seismometer وعادة ما توضع هذه الأجهزة عند قيعان المناجم القديمة أو الآبار وتثبت بأمان على صخور صلبة، وقد تطورت هذه الأجهزة فى الوقت الحاضر وأصبحت إلكترونية بدلا من الأجهزة القديمة التى تعتمد على الحركة الميكانيكية.

ترتبط الزلازل عادة بمناطق الضعف وعدم الاستقرار من القشرة الأرضية التى تمتد على طول الحدود الفاصلة بين الألواح التكتونية ومناطق الصدوع، وعلى ضوء ذلك يوجد حزامان رئيسيان يضمان داخلهما نحو ٩٠٪ من جملة عدد الزلازل التى تتعرض لها الأرض، الأول وهو حزام الحلقة النارية حول المحيط الهادى وبها نحو ٧٠٪ من جملة الزلازل، ثم الثانى ويتمثل فى حزام الالتواءات الألبية فى أوربا حتى جنوب شرق آسيا ويضم نحو ٢١٪ من زلازل العالم، إلى جانبهما توجد



مناطق أخرى من سطح القشرة الأرضية تتعرض لهزات زلزالية بدرجات مختلفة مثل منطقة الصدع الإفريقى الأخدودى ومناطق الضعف بالمحيط الأطلنطى.

أما عن الآثار الجغرافية للزلازل فهى فى الواقع آثار تدميرية فى معظمها تتمثل فى حدوث إزاحات رأسية وأفقية للقشرة الأرضية وخاصة فى الجزء من الأرض الواقع فوق البؤرة الزلزالية، ومن شأن هذه الإزاحات تحطيم الطرق وتدمير الجسور النهرية وانهيار المنشآت بشكل عام.

ومن الآثار الجغرافية أيضا حدوث انهيارات أرضية وتشققات فى قشرة الأرض يتولد عنها بالطبع انهيارات فى صخور المناطق الجبلية تصاحبها مشاكل بيئية لا حصر لها من تدمير المراكز العمرانية وغمر وإتلاف الأراضى الزراعية وغيرها من آثار تخريبية، ومثال ذلك ما حدث من انهيارات أرضية عقب زلزال هيمالايا ١٩٥٠، ومن أمثلة التشققات الأرضية التى تحدثها الزلازل التشققات التى صاحبت زلزال كاليفورنيا عام ١٩٤٠ فى وادى إمبريال حيث وصل الانزياح الأفقى للأرض ٤,٥ متر والشقوق والهبوط الأرضى بالعياط وغيرها من المناطق عقب زلزال ١٩٩٢، ومن الآثار الأخرى للزلازل ما تتعرض له بعض المناطق من سواحل العالم من طغيان مياه البحر فى شكل أمواج مدية عنيفة (أمواج التسونامى) وهذه الظاهرة تحدث عندما تتعرض قيعان المحيطات لزلازل عنيفة.

ويتسبب عن هذه الأمواج تدمير كامل للمنشآت الساحلية حيث ترتفع المياه لأكثر من ستة أمتار مندفعة بعنف نحو الداخل، من هذه السواحل التى تتعرض لظاهرة تسونامى سواحل اليابان والألسكا وفى جزر هاواى التى تعرضت لأمواج تسونامى فى أعقاب حدوث زلزال فى ٢٩ أكتوبر ١٩٧٥ وارتفعت المياه على سواحل جزيرة هيلو أربعة أمتار فوق مستوى المد العالى، ومن أشهر الزلازل التى تعرضت لها القشرة الأرضية زلزال الألسكا ١٩٦٤ ويعد من أكثر الزلازل قوة وتدميرا ويسمى زلزال جود فرايداى Good-friday ما بين ٨,٤ و ٨,٦ حسب مقياس ريختر واستمر من ٣ إلى ٤ دقائق وقد نتج عنه تخريب ولاية ألاسكا فى الجوانب الاقتصادية والعمرانية ومات العشرات بجانب الآلاف من المشردين.

- زلزال جواتيمالا إحدى جمهوريات أمريكا الوسطى، وقد حدث ذلك الزلزال وقوته ٧,٦ ريختر فى عام ١٩٧٦ وتسبب فى قتل أكثر من ٢٢ ألف شخص وإصابة أكثر من ٧٠ ألفا، وقد حدث نتيجة لتمزق كتلى بين الصفيحتين الأمريكية الشمالية والكاريبية، وقد صحبته عدة تشققات أرضية.



ـ زلزال أرمنيا السوفيتية سابقا، وحدث فى ١٩٨٨ حيث تقع هذه المنطقة بين لوحين تكتونيين الأول اللوح الروستى والثانى الهندى، أى أنها فى منطقة عدم استقرار وقد وصلت قوة هذا الزلزال إلى ١٠ ريختر هز منطقة مساحتها كبيرة فى دائرة نصف قطرها ٨٠كم وأدى إلى مقتل ما يزيد على ٥٥ ألف نسمة مع تدمير للمبانى وتشريد وتضرر أكثر من ٧٠٠ ألف نسمة (على موسى، ١٩٩٠، ص ٩٢).

ومن الزلازل الأخرى وخاصة فى المنطقة العربية أو القريبة منها زلزال الأصنام عام ١٩٥٤ بالجزائر بقوة نحو ٨ ريختر وذهب ضحيته ١٤٠٠ قتيل وألف جريح وزلزال أغادير بالمغرب عام ١٩٦٠ وكانت قوته ٧,٥ ريختر وقد أدى إلى تدمير المدينة تدميرا كاملا.

ومن الزلازل أيضا والتى تعرضت لها مصر أخيرا زلزال ١٢ أكتوبر ١٩٩٢ وما تسبب عنه من مقتل أكثر من ٥٠٠ شخص وتدمير عدد كبير من المنشآت وإتلاف العديد من المبانى وحدوث تشققات فى سطح الأرض وهبوط أرضى فى المناطق القريبة من المركز الزلزالى السطحى قرب دهشور، وقدبلغت شدته ٥,٣ بمقياس ريختر، وكان مركزه عند خط عرض ٢٩,٨° وطول ٣١,١° وعند عمق ٢٥ كم، وذلك إلى الشمال الشرقى من جبل قطرانى، وذلك على صدع يتجه بزاوية ٥٦° شمالا بغرب، ويعتقد أن النشاط الزلزالى له علاقة بإعادة تنظيم وترتيب وضع الصخور الرسوبية فوق مركز الزلزال والتى تأثرت بحركة الصخور السفلى على الصدع، وقد نتج عن ذلك وفقا لتصور بعثة جامعة «هارفارد» الأمريكية أن منطقة الكتلة التى تحتوى على القاهرة والدلتا قد هبطت إلى أسفل.

ثالثا : الحركات الالتوائية Folding Movements :

تنتج الالتواءات عن تجعدات فى قشرة الأرض يحدثها ضغط أفقى أو ضغط رأسى يأتى من أسفل نحو سطح الأرض، ولا تحدث الالتواءات إلا فى المناطق الطبقية الرسوبية من القشرة الأرضية.

وقد تعرض سطح الأرض خلال فترات عديدة من تاريخه الجيولوجى لحركات التوائية أنتجت السلاسل الجبلية الضخمة التى تمتد عادة فى أذرع طويلة لآلاف الكيلومترات مثل جبال الهيمالايا وتيان تشان وكوين لن بآسيا، والألب



والألب الدينارية والكربات وبندس وطوروس بأوربا وتركيا والروكى وكسكيد بأمريكا الشمالية، والأنديس بأمريكا الجنوبية وأطلس بإفريقيا، وكل هذه الجبال المذكورة قد تكونت خلال الزمن الثالث خاصة فى عصر الميوسين الذى شهد العالم خلاله أكبر حركة بانية للجبال، وقد سبقتها حركتان قديمتان خلال عصور الزمن الجيولوجى الأول أقدمها تعرف بالحركة الكاليدونية نسبة إلى مرتفعات كاليدونيا شمال أسكتلندا، والثانية وتعرف بالحركة الهرسينية hercynian نسبة إلى جبال هارتز harz بألمانيا، ونظرا لقدم الحركتين وتأثر الجبال الالتوائية التى نتجت عنهما، فإنه من الصعوبة الآن تحديد وتتبع أبعاد هذه الجبال على الخرائط التضاريسية حيث تعرضت خلال تاريخها الطويل لعمليات التعرية المختلفة التى أدت إلى نحتها وتخفيض مناسيبها وتحويلها إلى أشكال هضبية أو سهلية منخفضة (راجع رأى هولمز فى كيفية نشأة الجبال الالتوائية، (صبرى محسوب ١٩٨٣، ص ص ١٧، ١٨).

١ ـ أجزاء **الالتواءات (الطيات)** كما بينها شكل (٥) :

أ ـ طول الطية : وهو عبارة عن امتداد الطية على طول خط المضرب.

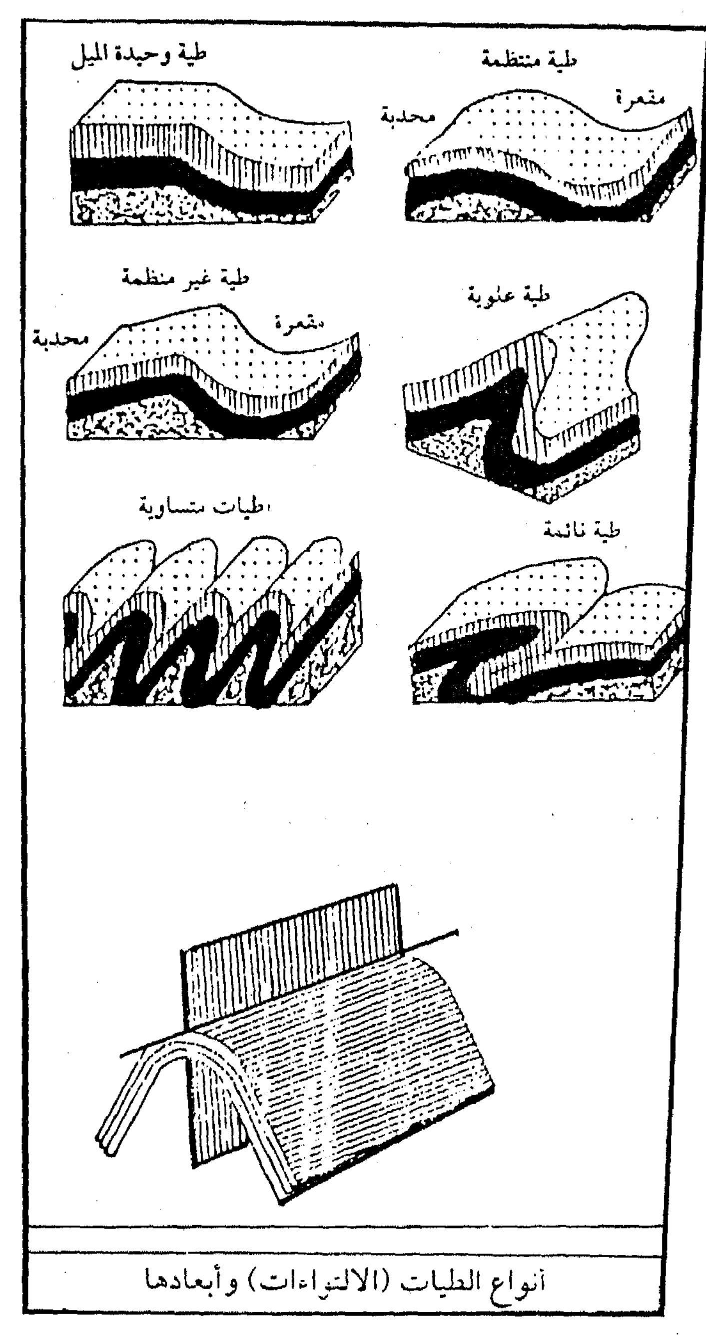
ب ـ عرض الطية : هو المسافة بين الطيات الملتوية فى اتجاه الميل.

جـ ـ سطح محور الطية : هو المستوى الذى يقسم الطية إلى جزءين متماثلين فى أغلب الأحوال وأحيانا ما يكون سطح محور الطية عبارة عن سطح منحنٍ يحدد اتجاهه بواسطة خطوط المضرب أو من خلال اتجاه ميل المحور.

د ـ محور الطية axis: هو الخط الناتج عن تقاطع مستوى المحور مع سطح الطبقة الملتوية.

هـ ـ خط المضرب : ويقصد به الخط الوهمى الذى يمتد متعامدا على اتجاه ميل الطبقات.

و ـ قمة الطية : هى نقطة تمتد أعلى منسوب من الطية المحدبة إلى جانب وجود قمة لكل طبقة من طبقات الطية المحدبة.



أنواع الطيات (الالتواءات) وأبعادها

شكل رقم (٦)

ز ـ **جناحـا الطيـة** : يقـصد بهـما الطبـقات المائلة على جـانبى السطح المحورى.

ح ـ **قاع الطية:** هو النقطة التى تمر بأدنى منسوب للطيـة المقعرة، ويوجد قاع لكل طبقة من طبقات الطية المقعرة.

أنواع الطيات :

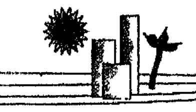
عندما تتعرض الطبقات لضـغوط أقوى من حدود مرونتها **elastic limit** فإنها تتشكل ببطء فى صـورة التواءات أو طيات، وتتـمثل الأنواع الرئيسيـة للطيات فى ثلاثة :

أ ـ **الطيات وحـيدة الميل** Monoclines : وهى عبـارة عن طبقـات تميل مسافـة غير محـددة فى اتجاه واحد، ولا تكون ظاهريا جـوانب مؤكدة لتحـدبات وتقعـرات (شكل ٦) بمعنى آخر هى عبـارة عن التواء شـبه سلمى فى طبقات أفقية أو خفيفة الميل، ويتكون من تغير فى قيمة زوايا الميل من خفيف إلى أكثر ميلا، ومن أمـثلته فى مصر الطية وحيدة الميل التى تحتل منطقة أبـو سمرة والسيرة على السـاحل المتوسطى قرب رأس الضبعة، وتأخـذ اتجاها عاما من الشمال الشـرقى نحو الجنوب الغربى، وتنحدر انحدارا شديدا نحو الشمال، وقد أثرت كثيرا على خط الساحل بالمنطقـة حـيث انعـكست فى شكل جـروف تحت الأمـواج (صـبـرى محسوب ١٩٩٣).

ب ـ **الطيات المحدبة** Anticlines : وفيـه تتقوس الطبـقات إلى أعلى مع وجود الصـخور الأقـدم فى الوسط (شكل ٦) مع ميل جناحـيهـا نحو الخارج بعيدا عن المستوى المحورى.

جـ ـ **الطيات المقعرة** Synclines : يميل الجناحان نحو الداخل فى اتجاه المستوى المحورى وتظهر الطبقات الأحدث فى الوسط (شكل ٦).

وتظهر كل من الطيات المحدبة والمقـعرة تغيرات فى قممها وأحـواضها، فقد تظهران فى شكل منتظم بعض الشىء كطيات مقعرة أو محدبة منتظمة بحيث يكون



المستوى المحورى عموديا على المستوى الأفقى ويميل جناحاه بزوايا متساوية، وتكونان متساويتى الطول، وفى حالة ميل المستوى المحورى على المستوى الأفقى وبالتالى اختلاف زاويتى الجناحين، تظهر طيات محدبة ومقعرة غير منتظمة.

وتظهر أشكال أخرى من الطيات مثل الطية المقلوبة وفيها يزيد الميل فى أحد الأطراف على ٩٠ درجة بحيث يصبح أحد الطرفين أسفل الطرف الآخر.

والطية النائمة recumbent وفيها يصبح طرفاها فى وضع أفقى أو شبه أفقى، والطية النائمة المتصدعة overthrust وهى طية تعرضت للتصدع بسبب زيادة ميلها عن الوضع السابق مباشرة (شكل ٦).

وعندما تميل الطبقات من نقطة متوسطة فى جميع الاتجاهات ينتج عن ذلك بنية قبابية domal structure.

وجدير بالذكر أنه قد تظهر جبال تشكلت فى طيات مقعرة، بينما تظهر أحواض فى مناطق طيات محدبة حيث يسهل النحت فى مناطق الشد الصخرى على قمم الطيات المحدبة عكس منطقة الضغط الصخرى فى الطيات المقعرة حيث تضيق المسافات فى الصخور ويزداد تماسكها وتصبح أكثر مقاومة لعوامل التعرية المختلفة (صبرى محسوب، ١٩٨٣، ص ٢٠).

رابعا : حركات التصدع Faulting وأشكال الصدوع :

تعريف : تتسبب الصدوع عن قوى جانبية وقوى رأسية تنتج عن الضغط compreession أو الشد tension.

والصدوع عبارة عن تشققات فى قشرة الأرض، ويحدث بها تزحزح للطبقات موازية لسطح الكسر surface of fracture وتحدث فى كل أنواع الصخور، ولكنها تكون أكثر وضوحا فى الصخور الرسوبية الطبقية، وقد تكون الإزاحة لحوالى ملليمتر واحد فقط وقد تصل إلى كيلو مترات.

وعلى أية حال ليس من المستحيل تحديد ما إذا كان أحد جوانب الصدع قد استقر فى مكانه بينما الآخر قد تحرك، أو ما إذا كانا قد تحركا معا بشكل غير متساوٍ.



ويسمى السطح الذى حدثت على طوله الإزاحة displacement مستوى الصدع fault plane الذى قد يكون منطقة صخور مسحوقة، وإن كان نادرا ما يكون ناعما حيث عادة ما يحدث تفتت وسحق للصخور أثناء انزلاق الكتل الصخرية على مستوى الصدع الذى قد يمتد رأسيا أو مائلا.

أ ـ معدلات التصدع : تحدث الإزاحة من أقل من المتر حتى ١٢ مترا فى دقائق قليلة على طول بعض الصدوع، ففى وادى إمبريال بولاية كاليفورنيا الأمريكية حدثت إزاحة أثناء حدوث زلزال ١٩٤٠ وذلك لمسافة ١١ مترا.

وحدث كذلك فى وادى أوينز .Owens. V فى نفس الولاية إزاحة تراوحت ما بين مترين إلى ستة أمتار على طول مسافة ٦٠ كيلو متر وذلك أثناء حدوث زلزال فى ١٩٧٢.

وقد تحدث الإزاحة بشكل مستمر ولكنها تتم بمعدلات بطيئة فى عملية تعرف بزحف الصدع fault creep وعادة ما تستغرق الإزاحة فى الصدوع فترة زمنية طويلة.

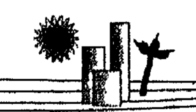
أنواع الانكسارات وبعض الأمثلة :

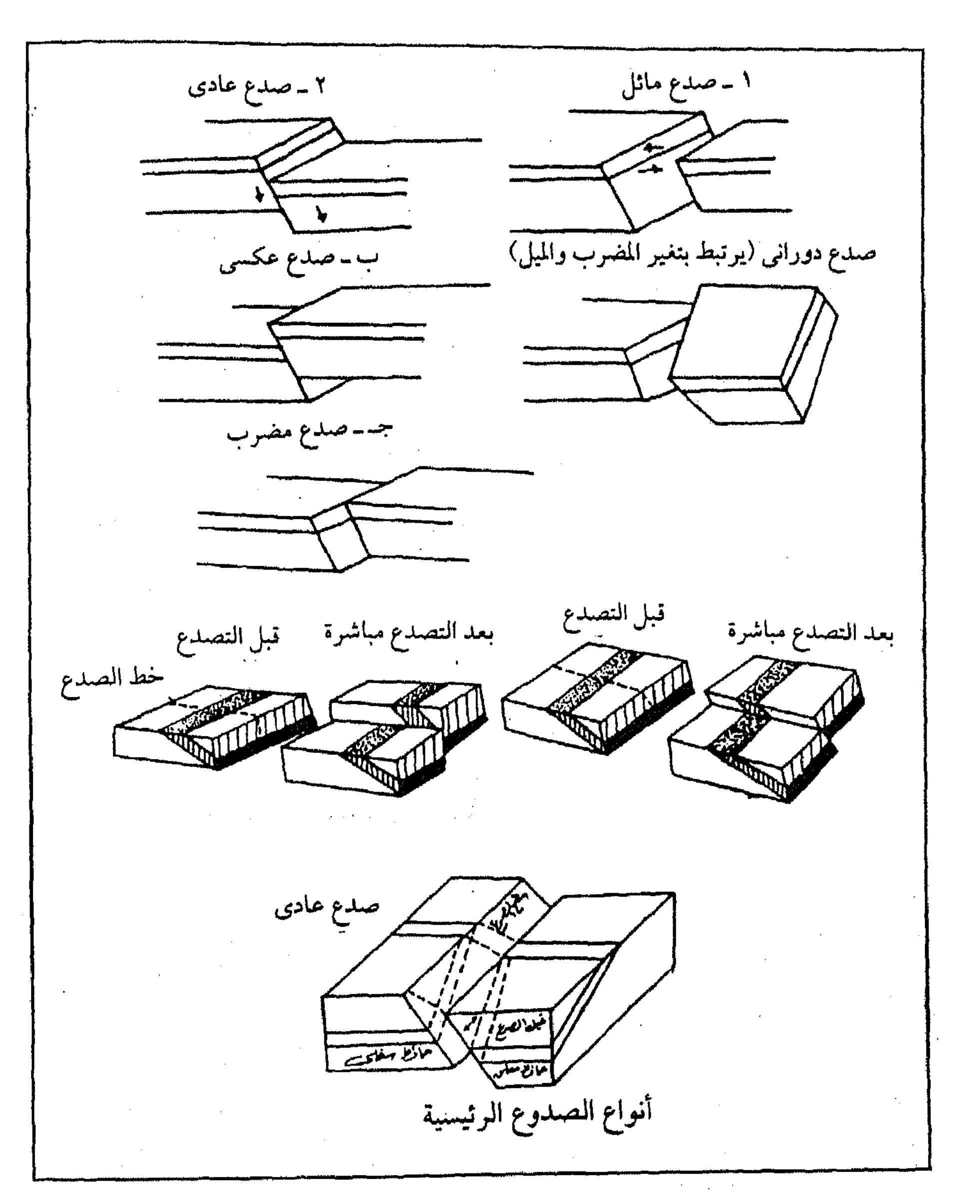
أ ـ أنواع الصدوع تبعا لنوع الحركات المسببة لها واتجاه حركة الكتل وأهمها :

١ ـ **الصدع العادى** normal fault : ويعرف بفالق الشد أو صدع الجاذبية وهو صدع ذو ميل كبير، وتكون الزحزحة الظاهرية للحائط العلوى إلى أسفل (شكل رقم ٧).

٢ ـ **الصدع المعكوس** reverse or thrust fault : ويعرف باسم صدع الضغط وفيه تكون الزحزحة للحائط العلوى إلى أعلى. وينقسم هذا النوع إلى قسمين : الصدع الاندفاعى العلوى وفيه يتحرك الحائط العلوى إلى أعلى مع بقاء الحائط السفلى، ثابتا والصدع الاندفاعى السفلى وفيه يتحرك الحائط السفلى إلى أسفل ويبقى العلوى ثابتا.

ب ـ تصنيف الفوالق أو الصدوع إلى فصائل : حيث توجد فى أغلب الأحوال عدة صدوع مجتمعة فى فصيلة واحدة بمنطقة ما، من هذه الصدوع ما يلى :





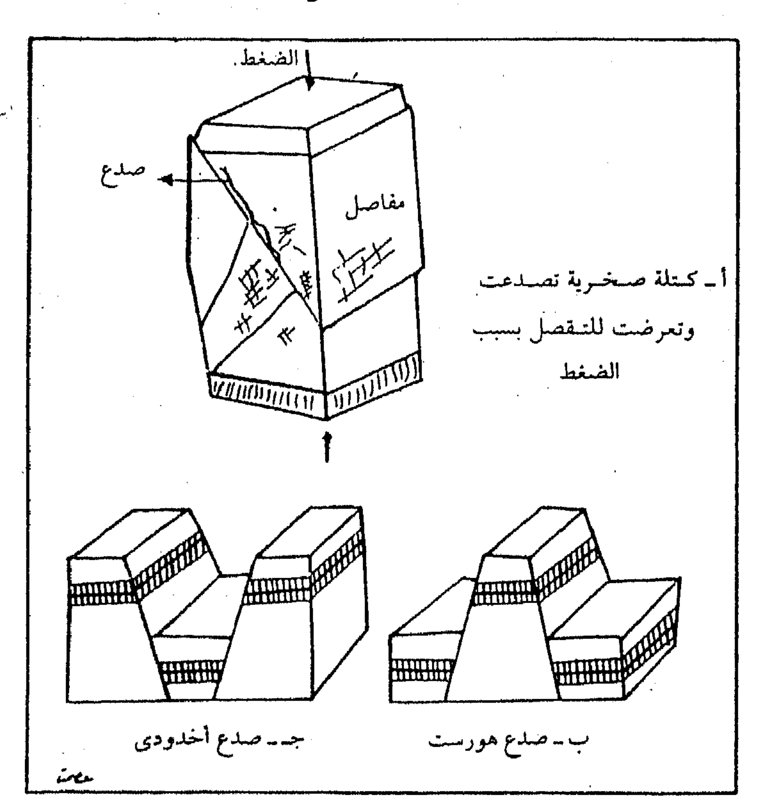
شكل رقم (٧)

١ ـ **الصدوع الدرجية أو السلمية** step fault وهى عبارة عن عدد متقارب من الصدوع العادية ذات الميل الكبير تؤدى إلى تقسيم صخور المنطقة إلى كتل متوازية، ويكون اتجاه سقوط الحائط العلوى إلى أسفل بالنسبة للحائط السفلى، وتنتج هذه الصدوع عن حركات رأسية تؤدى

إلى سقوط أو ارتفاع الكتل الصخرية بشكل تدريجى (فخرى موسى، ١٩٦٨، ص ١٥٩).

٢ ـ **صدوع الأخاديد والأحواض** : عبارة عن منخفضات بنائية تحيط بهـا صدوع عـادية أو معكوسـة ذات ميـل كبـير، وتظهـر على سطح القارات أو فى قيعان البحار، ومن هذه الأخاديد أخدود وادى الراين والأخدود الإفريقى العظيم الذى يمتد لمسافة أكثر من ٥٠٠٠كم (راجع بالتفصيل صبرى محسوب، ١٩٨٣، ص ٢٣). وقد تنشأ هذه المنخفضات نتيجة قوى شد تعرضت لها القشرة الأرضية بفعل صعود الصهير النارى من الأعماق إلى مستويات أعلى على سطح الأرض أو تحتها مباشرة.

٣ ـ **الهورستات** : تنشأ بسبب ارتفاع كتلة صخرية يحدها من الجانبين صدعان لهما ميل كبير، وذلك نتيجة لرفع الكتلة الوسطى إلى أعلى أو لهبوط الكتلتين الصخريتين على الجانبين (شكل ٨).



شكل رقم (٨)



الأدلة على وجود الصدوع :

يمكن إيجاز الأدلة والآثار التى تدل على حدوث الصـدوع فى منطقة ما من خلال ما يلى :

أ ـ **الخـدوش أو الحـزوز** : قد تظهـر نتيجـة احتكاك الكتلة الصـخرية المنزلقة بالصخور المقابلة على السطح الصدعى خدوش وتحززات يمكن من خلال تعيـين اتجاهها تحديد اتجـاه حركة الصخـور، وذلك بتحريك اليد فى الاتجاه من السطح الخـشن إلى السطح الناعم، وعادة ما تكون هذه الخدوش متمـثلة فقط فى حالة الصدوع ذات الزحزحـة الصغيرة. وتشـبه الخـدوش الناتجـة من الصـدوع تلك التى تنشـأ بفـعل الأنهـار الجليدية.

ب ـ **البريشا التكتونية** tectonic breccia : وتظهر فى شكل مفتتات غير منتظمة الشكل تدل على حدوث زحزحة للطبقات على سطح الصدع، وقد تكون البـريشيا ذات أحجام كـبيرة، وقد تكون فى ظروف مـعينة ـ بفعل الاحتكاك الشديد ـ شديدة النعومة مثل الصلصال.

جـ ـ **منطقة القص** shearing zone : تتميز بعض الصدوع بوجود منطقة من الشقوق المتقـاربة التى قد تمتد موازية لبعضهـا البعض تعرف بمنطقة القص الجيولوجى، وأحـيانا ما تكون أسرع نحتـا من الأجزاء الأخرى بسبب تقطعهـا، وعادة ما تكون مواضع لبعض الرواسب المعـدنية مثل النحـاس والرصـاص التى ترسـبت من المحالـيل المعدنيـة المارة خـلال الشـقوق والكسـور، وكثـيرا مـا نجد هذه الظاهرة على جـوانب بعض الحافـات بصحراء مـصر الغربيـة حيث تمتـد خلالها عـروق من الجبس وتكوينات الكتالسيت وغيرها من المتبخرات evaporites.

د ـ **سحب الطبقات** : ويقصد بها حدوث تغـير مفاجئ فى اتجاه الميل أو خطوط المضرب على طول سطح الصدع.



خامسا : الألواح التكتونية Plate teclonics:

إن الفهم الحديث لقشرة الأرض وطبقة المانتل وتراكيب القارات والخوانق المحيطية والسلاسل الجبلية والنشاط التكتونى، كل هذه تعتمد أساسا على نظرية الألواح التكتونية.

مضمون النظرية : ترى هذه النظرية أن طبقة الليثوسفير earth's lethos phere تتكون من ١١ لوحا ضخما تتحرك عبر طبقة الأثينوسفير(*) المنصهرة جزئيا،

الفاصلة بين الألواح التكتونية plate-boundaries وذلك من خلال تقارب الألواح عند تشققات عميقة أو سلاسل جبلية عالية أو أخاديد بحرية عميقة، وتتراوح سماكة هذه الألواح ما بين ٧٥ و ١٢٥ كيلو متر.

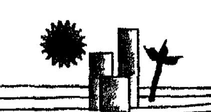
وعندما تتباعد هذه الألواح ينشأ بينها فراغ يمتلئ بالصهير البازلتى القادم من طبقة الأثنوسفير مثلما يوجد وسط المحيط الأطلنطى، حيث إنه ما زالت حتى الآن تخرج من القاع كميات كبيرة جدا من الصهير البركانى التى تبرد تباعا لتتحول إلى صخور بركانية تتشكل فى صورة سلسلة من الجبال الغاطسة، تمتد من الشمال إلى الجنوب وسط المحيط الأطلنطى (شكل ٩).

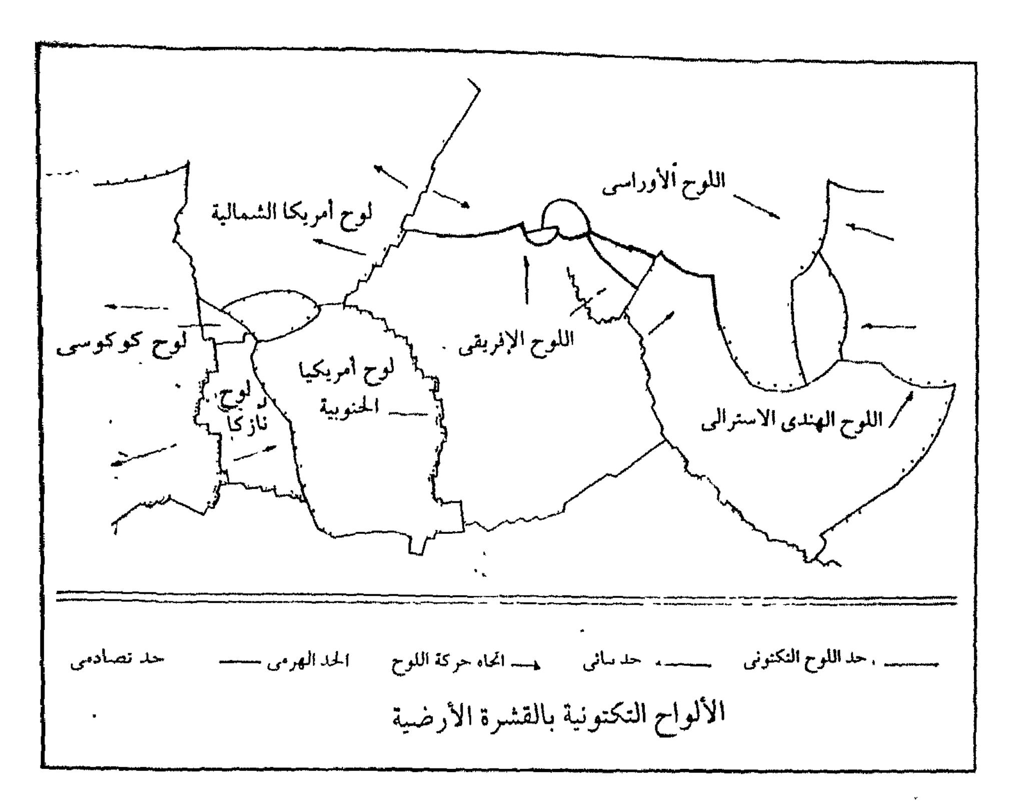
وعندما تقترب الألواح من بعضها البعض تتصادم وتهبط مقدمة إحداها (طرفها) أسفل مقدمة اللوح الآخر فتنصهر فى السطح العلوى للمانتل، بينما يرتفع الطرف الآخر مكونا جبالا تقع فى مواجهتها أخاديد بحرية عميقة.

ويحدث هذا التصادم على حواف بعض القارات كما سيتضح ذلك فيما بعد، أما عندما تتحرك بعض الألواح التكتونية تحركا جانبيا بشكل مماس لبعضها فإنها تحدث تكسيرا وتدميرا فى منطقة التحرك (التماس) يصاحب ذلك اندفاعات بركانية وزلازل عنيفة فى كثير من الأحيان(**)، وهذا ما يمكن تتبعه فى المنطقة الفاصلة بين الكتلتين الأمريكية الشمالية والكتلة الروسية فى منطقة كاليفورنيا.

* الأثينوسفير Athenosphere هى الطبقة العلوية من طبقة المانتل وتقع أسفل قشرة الأرض مباشرة وتتكون من صخور ذات كثافة نوعية عالية فى حالة شبه منصهرة (مرنة).

** يرجع ذلك إلى احتكاك الألواح بعضها ببعض فى خطوط التماس بينها.





الألواح التكتونية بالقشرة الأرضية

شكل رقم (٩)

وفى حالة تعرض الألواح أو القطاعات منها التى جزأتها الصدوع إلى أية حركات من الحركات السابقة، وخاصة المتقاربة يؤدى ذلك إلى خضوعها لقوى ضغط وقوى شد، وسواء عاد الصخر إلى شكله الأول فيما يعرف بالارتداد المرن للصخر أو تكسر أو تهشم crushed فإن كميات كبيرة من الطاقة المبذولة تتحول إلى طاقة حركية تنتقل فى شكل موجات تنتشر فى جميع الاتجاهات بشكل إشعاعى وهى ما أشرنا إليها سابقا بالموجات الزلزالية.

ويلاحظ من توزيع معظم السلاسل الجبلية أنها تقع على مقربة من ملتقى الألواح التكتونية بما فيها السلاسل الغاطسة.

وهكذا تحدث التحركات التكتونية التى تنتاب قشرة الأرض على طول الحدود الفاصلة بين الألواح التكتونية plate-boundaries وذلك من خلال تقارب الألواح أو تباعدها أو عن طريق الإزاحة بالتماس مما يسبب حدوث اضطرابات باطنية تنعكس على القشرة الأرضية فى صورة تشققات وصدوع واندفاعات بركانية واهتزازات أرضية وهبوط وارتفاع.



ويمكننا أن نتفهم طبيعة الألواح التكتونية وآثارها من خلال دراسة تفصيلية إلى حد ما للوح أمريكا الجنوبية باعتباره من أكثر الألواح التكتونية التى درست من قبل العلماء والباحثين.

يتمثل الحد الشرقى لهذا اللوح التكتونى فى السلسلة الأطلنطية الوسطى mid - atlantic - ridge وهى منطقة تباعد divergence أو تمدد فى قاع البحر حيث تمتد سلاسل جبلية بارتفاعات تزيد على ٣٠٠٠ متر ممتدة تقريبا من الشمال إلى الجنوب على طول وسط المحيط الأطلنطى، وتتحرك بشكل بطىء حيث تمتلئ الفراغات المتولدة عنها بلافا بازلتية basaltic lava صاعدة من الأثينوسفير .

والحافة الأطلنطية الوسطى مثل كل هوامش الألواح التكتونية تعد واحدة من أحدث أجزاء سطح الأرض ومن ثم فإن قشرة أرضية جديدة تنشأ بشكل ثابت.

وبسبب تباعد اللوح التكتونى فإن اللافا البازلتية الصاعدة نتيجة توسع الأخدود بين اللوحين(*) تنتقل شرق وغرب حدود اللوح، وهذه العملية ينتج عنها سيمترية (تناسق) طوبوغرافية على قاع المحيط الأطلنطى (شكل ١٠).

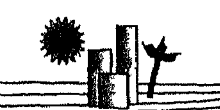
وتقدر كمية مواد القشرة الأرضية المضافة على كلا جانبى الحافة بنحو سنتيمتر فى السنة، وهذا المعدل الصغير سوف تبلغ جملته بعد مليون سنة نحو ٥٠ كيلو متر من القشرة الجديدة.

والواقع أن اتساع القاع فى كل من الأطلنطى والهادى يتم بشكل سريع مما يجعلنا نعتقد بأن العمر الجيولوجى الذى استغرق فى تكونهما أقل من مائتى مليون سنة (Wilcock, D. 1983, p19).

وجدير بالذكر أن صعود اللافا أو الماجما عند هوامش اللوح التكتونى (لوح أمريكا الجنوبية) من مناطق نشاط بركانى حديث وكلها تمثل أجزاءً بارزة من الحافة الأطلنطية الوسطى.

---

* يقصد بهما اللوح الإفريقى واللوح الأمريكى الجنوبى.



أ

لافا مرتفعة

لوح نازاكا

حركة اللوح

حركة اللوح

ب

تيان شان

تبت

الهند

اللوح الهندى الأسترالى

اللوح الأوراسى

حركة اللوح

حركة اللوح

اللوح منطقة هبوط قديمة

جـ

سطح المحيط

جزيرة بركانية

حافة وسط الأطلنطى

لوح أمريكا الجنوبية

حركة اللوح

حركة اللوح

مواد منصهرة صاعدة

أ ـ حد هرمى (تدميرى).

ب ـ حد تصادمى.

جـ ـ حد بنائى.

شكل
رقم (١٠)



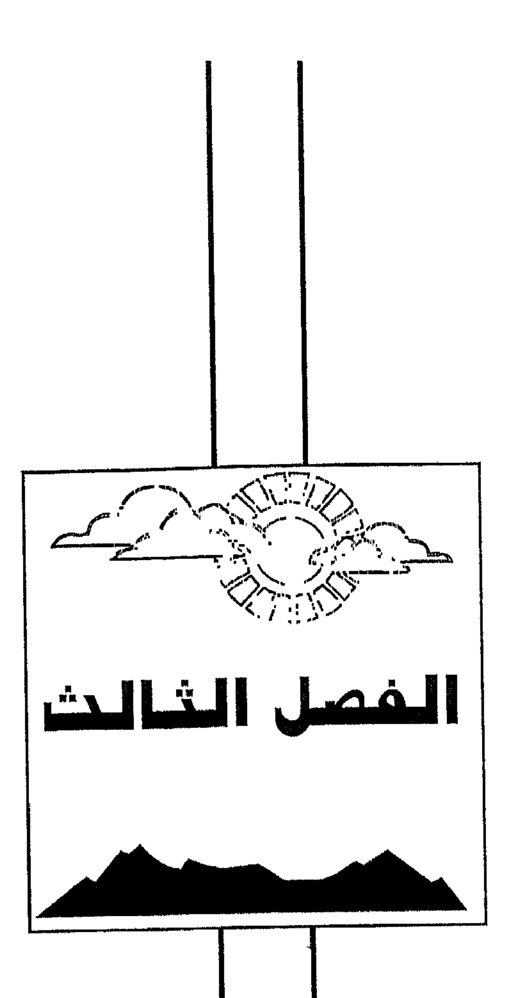
أما الهامش الغربى للوح أمريكا الجنوبية فإنه يتطابق مع الحد الغربى للقارة، فبينما يتحرك لوح نازكا nazca plate (*) من الغرب إلى الشرق نجد أن لوح أمريكا الجنوبية يتحرك نحو الغرب، وعندما يلتقيان فإن طرف أحدهما (وهو مكون من مواد من صخور الليثوسفير) يغوص إلى أسفل نحو طبقة المانتل وينصهر بالتالى مع ارتفاع درجة الحرارة، ونظرا لأن القشرة المحيطية مقدمتها (طرفها) المواجهة لأمريكا الجنوبية فى الشرق تغوص أسفله نحو طبقة المانتل وهذه الحالة دائما ما توجد عند تقابل لوح قارى بآخر محيطى واقتراب بعضهما من البعض، وحيث يهبط لوح نازكا أسفل لوح أمريكا الجنوبية فإن الاحتكاك بينهما يسبب حدوث زلازل على طول نظم الصدوع بالساحل الغربى لأمريكا الجنوبية إلى جانب تحول مقدمة لوح نازكا الهابطة نحو المانتل إلى مواد ماجمية منصهرة مما جعلها مصدرا للبراكين النشطة active volcsnes بجبال الإنديز ،وهذه البراكين تخرج منها لافا سيالية أكثر منها سيما حيث تحتوى على نسبة أكبر من السيليكا، وتتميز بكثافتها النوعية المنخفضة على العكس من التكوينات البازلتية الأثقل وزنا والأقل فى محتواها من السلكا والتى تكون الألواح التكتونية المحيطية المصدر الرئيسى لها.

ومن ثم فإن عددا كبيرا من علماء الطبيعة الأرضية يعتقد فى أن اللافا الأخف وزنا فى هذه البراكين هى نتاج انصهار تكوينات ذات أصل قارى.

وعلى ضوء ما سبق ذكره فإن هبوط طرف اللوح المحيطى أسفل الطرف القارى يعد عملية ذات أهمية كبيرة فى نشأة مواد قارية جديدة على هوامش القارات الحالية، وهى أيضا مسئولة عن نشأة أرض جديدة فى شكل جزر بركانية تمتد فى صورة أقواس جزرية مثل مجموعة جزر كوريل kurile trench والوشيان وجزر ماريانا، حيث إن هذه الجزر قد نشأت عندما انصهرت الألواح التكتونية المحيطية مع الضغط الزائد والحرارة والاحتكاك الذى تعرضت له عند مناطق الالتقاء بين الألواح التكتونية حيث ترتفع المواد المنصهرة إلى السطح فى شكل خطوط من البراكين، أما الأخاديد البحرية العميقة مثل أخدود كوريل Kurile trench وأخدود الوشيان وأخدود ماريانا فإنها تمثل مناطق الهبوط نفسها.

* لوح تكتونى مغمور تحت مياه المحيط الهادى ويقع إلى الغرب من لوح أمريكا الجنوبية.





عوامل تشكيل سطح الأرض

والعمليات المرتبطة بها
والأشكال الناتجة عنها



أولا : التجوية Weathering

تعنى التجوية ـ ببساطة ـ تفكك أو تحلل الصـخر موضعيا in - situ أو بمعنى أكثر تفصيلا هى تفكك الصخر أو تغيره قرب سطح الأرض وتكوين معادن مختلفة فى خصائصها عن المعادن السابقة لحدوثها.

وتنقسم إلى نوعين رئيسيين : التجوية الميكانيكية أو الطبيعية، ويقصد بها تفكك الصخر إلى شظايا ومفتتات بطرق ميكانيكية بحتة.

وتجوية كيماوية، وتعنى تحلل الصخر وتغير خصائصه الكيماوية بواسطة عوامل تتمثل فى الماء والأوكسجين وثانى أكسيد الكربون والأحماض العضوية.

العوامل المؤثرة على تجوية الصخر :

تتأثر التجوية بعوامل داخلية endogenetic وعوامل خارجية exogenetic ترتبط الأولى بالبنية والتكوين الصخرى، ومثال ذلك نجد أن الكالسيت فى الصخر يتأثر بالتكوين، بينما يتأثر الفسبار بالتحلل المائى hydrolysis كذلك يؤثر نسيج الصخر في عملية التجوية، حيث نجد أن الصخور دقيقة الحبيبات تجوى بمعدل أكبر من الصخور ذات الحبيبات الخشنة، كذلك تؤثر الشقوق وأسطح الطبقية والمفاصل الصخرية فى عمليات التجوية حيث تساعدها كثيرا كما سيتضح ذلك فيما بعد (راجع Clark, M, 1982, p15).

أما العوامل الخارجية فتتمثل فى المناخ والنبات، وسوف يتضح دورهما فى الصفحات التالية :

عمليات التجوية الميكانيكية : تعنى كما ذكر آنفا تفكك الصخر دون حدوث أى تغير فى خصائصه الكيماوية، وتتمثل تلك العمليات المرتبطة بالتجوية الميكانيكية mechanical weathering فيما يلى :



أ ـ التجوية بفعل تعاقب التجمد والانصهار freeze - thaw :

عندما تحتجز المياه داخل الشقوق الصخرية وتنخفض درجة الحرارة وتتجمد هذه المياه فإن حجمها يزيد بنسبة ٩٪ وينتج عن ذلك ضغط شديد جدا على الصخور المجاورة مما يؤدى إلى تفكك الصخور مع توسيع الشقوق.

ويبدو أثر هذه العملية أكثر قوة عندما تتذبذب درجة الحرارة حول الصفر المئوى، وعادة ما يحدث ذلك فى العروض العليا، ومن ثم يكون تأثير هذه العملية كبيرا جدا بالمقارنة بغيرها من العروض حتى فى العروض القطبية ذاتها والتى تتميز بمناخ دائم البرودة الشديدة.

ب ـ النمو البلورى للأملاح :

عملية تجوية تظهر بوضوح فى المناطق الجافة الحارة، وتتم فى صورة شبيهة بالعملية السابقة، وذلك من خلال نمو بلورات الأملاح crystal growth داخل الفواصل الصخرية، يحدث ذلك عندما يترسب الملح الذائب بعد تبخر المياه حيث يتم تكوين بلورات أملاح الكبريت والجبس والكالسيوم والكربون بهذه الطريقة.

ويؤدى نموها إلى حدوث قوى كامنة لتكسير القطع الصخرية الصغيرة، ورغم أن هذه العملية تتضمن بعض التحليل الكيماوى إلا أنها ذات دور طبيعى ميكانيكى فى المقام الأول من خلال ما تحدثه من ضغط وإجهاد على حدود المفاصل والحبيبات الصخرية، وتعمل الظروف المناخية الحارة الجافة على زيادة فعالية هذه العملية، بينما يقابلها فى العروض الرطبة عملية غسيل للأملاح salt leaching.

ويرى كل من كوك Cooke وورن Warren أن بلورات الأملاح تتمدد ويزداد حجمها بواسطة التسخين مع ارتفاع الحرارة الشديد طوال فترة النهار فى العروض المدارية الجافة، ويريان كذلك أن الضغوط الناجمة عنها قد تتسبب عن حدوث تميؤ للأملاح، يعنيان بذلك أنها تقوم بعمل تجوية فيزيوكيماوية physio chemical weathring تساعد على حدوث ظاهرة التقشر الصخرى exfoliation وتكوين حفر التجوية (Cooke and Warren, 1973).

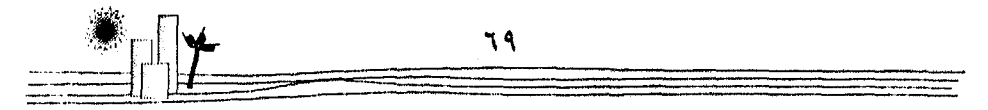
جـ ـ التمدد والانكماش :

تظهر هذه العملية بوضوح فى المناطق الصحراوية الحارة ذات المناخ القارى المتطرف، يدل على نشاطها هنا الانتشار الواسع للمفتتات الخشنة حادة الزوايا coarse - angular - debris عند حضيض المرتفعات فيما يعرف بالبريشيا.

ونظرا لتكون الصخور ـ وخاصة النارية والمتحولة ـ من أكثر من معدن من المعادن مثل صخر الجرانيت الذى يتكون أساسا من معادن الكوارتز والفلسبار والميكا. وأن لكل معدن منها درجة انكماش وتمدد مختلفة ـ حسب حرارته النوعية. فإن التباين الحرارى اليومى أو الفصلى أو السنوى الكبير يؤدى إلى تعاقب مستمر للتمدد والانكماش المتباين لهذه المعادن مما يؤثر فى النهاية على الصخر ويؤدى إلى تكسره أو تشققه وتفتيته، مما يساعد بدوره أيضا على دخول المياه واحتجازها داخل الشقوق لتقوم بعملها الميكانيكى من خلال التجمد أو بعملها الكيماوى من خلال الإذابة أو التميؤ. انظر الصورة رقم (٢) التى تبين أثر التمدد والانكماش فى تفكك صخور إحدى الحافات الجبلية النارية.



صورة رقم (٢)



د ـ إزالة الضغط من فوق الصخور Pressure - release :

ينتج عن هذه العملية تفصل الصخر Jointing، ويتم ذلك ببساطة بعد إزالة الصخور الرسوبية التى كانت تمثل ثقلا زائدا فوق الصخور الوسيطة أو المتداخلة intrusive recks مثل الجدد الغائر sills والسنام الغائر وغيرها، ونتيجة لإزالة هذا الثقل الهائل من فوق هذه الصخور ونتيجة لانكشاف هذه التكوينات المتداخلة يحدث أن تتمدد ببطء مما يؤدى إلى تفصلها، وذلك من خلال امتداد مفاصل صخرية تعرف بالمفاصل الغطائية sheet joints تمتد متوازية مع بعضها البعض وموازية لسطح التداخل، وهذه العملية هى ما يطلق عليها التقشر الصخرى exfo-liation والتى كثيرا ما تظهر فى الصخور الجيرية، كذلك تظهر تشققات دقيقة تساعد فى تفكك الصخر وتجويته ميكانيكيا.

عمليات التجوية الكيماوية Chemical weathering :

تتضمن التجوية الكيماوية العديد من التفاعلات بين العناصر المختلفة للصخور، بعض هذه التفاعلات يتميز بالبساطة والبعض الآخر شديد التعقيد.

وكون التجوية الكيماوية تؤدى إلى تغير التكوين الكيماوى للمعادن بالصخور فإنها عادة ما تتخير المعادن التى تقوم بتجويتها، حيث تتأثر معادن بشكل أكبر من معادن أخرى بعمليات التحلل الكيماوى.

عادة ما تتركز التجوية على الصخور الطبقية stratified rocks التى تكثر بها المفاصل والشقوق التى تبدأ منها عمليات التجوية من خلال دخول الماء والهواء بها مما يؤدى إلى تشظى الصخور وتقطعها إلى كتل كبيرة الحجم، وتزداد التجوية قوة مع ارتفاع درجة الحرارة ووفرة الرطوبة، فحيثما يوجد ماء جوفى أو ماء تحت أرضى subterranean فسوف تستمر عمليات التجوية فى الصخور وتتجدد بشكل مستمر (Clark, M, 1982. p22) بينما تتوقف التجوية عندما تزداد الأملاح المذابة إلى الحد الذى يصل إلى التعادل أو التوازن equilibrium. وهذه الحالة تحدث فى الصخور دائمة التشبع، ويُعتقد أن الماء الجوفى يمثل حدا فاصلا بالنسبة للتجوية الكيماوية فى الصخور الواقعة أعلى مستوى سطح الماء الجوفى واختفائها أسفله.



تتمثل التجوية الكيماوية فى التفاعلات الكيماوية التالية :

أ ـ الإذابة Solution:

هذه العمليــة تجوية أســاسية تؤثر فى مــعادن الصخــور بشكل كبــير، ترتبط فعاليتــها بدرجة حموضة أو قلوية الماء الأرضى، فإذا مــا ارتفعت القلوية إلى أكثر من ٩ PH فى الماء يمكنه فى هذه الحالة إذابة بعض الســيليكات والألمونيوم، وفى حالــة التعادل نــحو ٦ أو ٥ PH يصبــح الألمونيوم غيــر قابل للإذابة، بينــما تزداد القابلية للإذابة مرة أخرى عندما تصل الحموضة إلى ٤ PH فأقل.

ب ـ التكربن Carbonation :

يحدث عن طريق تحول كربونات الكالسيوم $Ca Co_3$ إلى بيكربونات كالسيوم [$Ca (H Co_3)$]، وذلك من خــلال ثانى أكســيد الــكربون المذاب فى ميــاه المطر، وعندما تذاب بيكربونات الكالــسيوم ذاتها، يمكن أن يأخــذ التكربن أشكالا أخرى مثل تجــوية الفلسبــار، كما أن الــتفاعل مــا بين حمض الكربونيك وهيــدروكســيد البوتاسيوم يعطى كربونات بوتاسيوم قابلة للإذابة soluble.

جـ ـ التحلل المائى Hydrolysis:

على العكس من عملية التميؤ حيث تشتمل هذه العملية على حدوث تفاعل بين معــادن الصخــر والماء، وفيهــا يتفــاعل الفلسبــار مع الماء ويتحــول إلى حمض ألمونيــوم سليكى aluminsilicic (سيليكات الألومنــيوم) وهيدروكســيد البوتاســيوم والأخير كربونى يذاب فى الماء والأول يتحول إلى معادن صلصالية تذاب فى الماء.

د ـ التميؤ :

ينتج التمــيؤ عن قدرة بعض المعادن عــلى امتصاص الماء، وفى هذه العــملية يحدث تغــير فى الحجم ويؤدى هذا إلى الضــغط على جوانب الصخــور وتفككها تفككا ميكانيكيا.

وتصبح الصورة النهائية بعد ذلك بالنســبة للفلسبار المجوى بهذه الطريقة فى شكل صلصــال متبــقٍّ بعد التجــوية أهم أنواعه الكــاولين المســتخدم فى الصناعات الخزفية.



وتلعب الأحماض العضوية الناتجة عن النباتات المتحللة decayed plants دورا هاما فى التجوية، حيث تؤثر بوضوح على درجة قابلية العناصر المعدنية لعملية الإذابة، خاصة الحديد الذى يتمكن النبات من امتصاصه بعد ذلك أو يتم تسربه إلى طبقة ما تحت التربة subsoil عن طريق عملية الغسل للتربة soil leach-ing . وتعنى هذه العملية الأخيرة طريقة من طرق تجوية التربة واستخلاص المواد المخصبة منها واستخدامها لنمو النبات وتغذيته عن طريق جذورها التى بدورها تعمل على تقطع السطح وتجويته بامتدادها فى التربة وتشعبها خلالها.

نتاج التجوية :

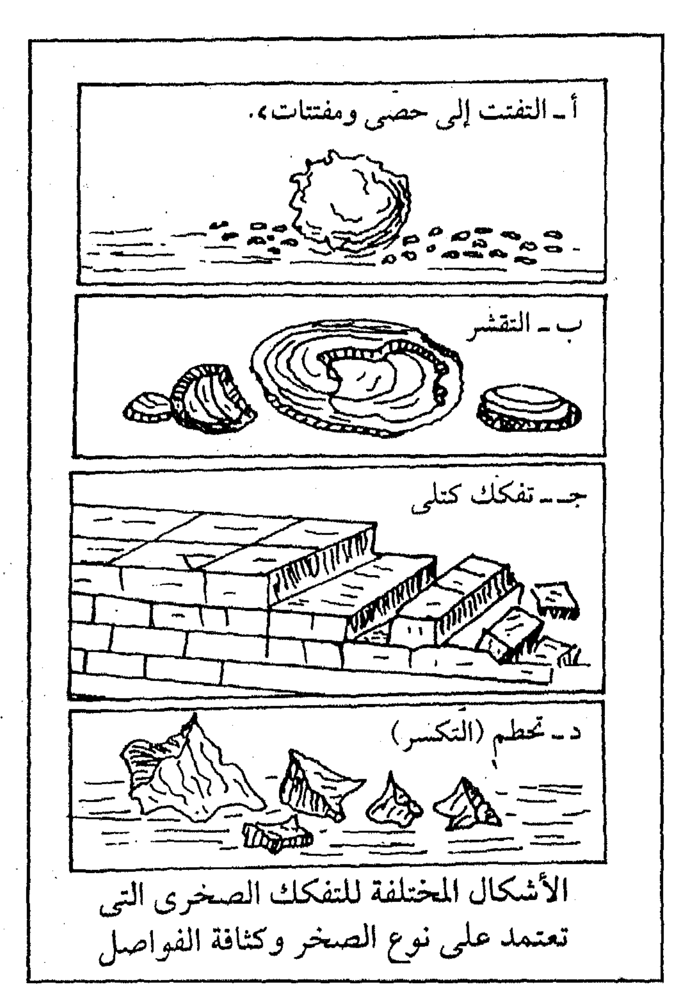
يمثل ركام السفوح أو الهشيم scree أهم نتاج عمليات التجوية وأكثرها وضوحا، حيث تتراكم عند حضيض السفوح المتماسكة والعارية فى المرتفعات والمناطق الجافة.

وقد تكون هذه الركامات الصخرية المفككة نتاج تجوية ميكانيكية مرتبطة بالنمو البلورى، وقد تكون ثابتة أو متحركة، وفى الحالة الأخيرة لا يستطيع النمو النباتى أن يستمر فوقها بسهولة، وإذا وجد فيكون فى شكل مبعثر.

أما إذا ما كانت عبارة عن ملامح حفرية fossil features أى نتاج تجوية قديمة لا ترتبط بظروف المناخ الحالى فإن النمو النباتى يزدهر ويتكاثف عليها.

وتعد المفتتات الصخرية فى مناطق كثيرة نتاج تجوية ميكانيكية أو تجوية كيماوية، حيث يتقطع السطح بفعل العديد من الفواصل والشقوق المتقاطعة التى تتسع على السطح وتضيق بالاتجاه إلى أسفل، وتمثل هذه الشقوق والمفاصل طرقا وممرات للمياه المتسربة إلى ما تحت السطح لتقوم بعمليات التجوية الكيماوية بشكل سريع، وكلما ازداد اتساع الشقوق والفواصل ينكمش حجم الكتلة المتشققة إلى أن تبدو على السطح كتل صخرية بأحجام مختلفة تخفى تماما أى مظهر للبنية الأصلية لصخور المنطقة (شكل ١١)



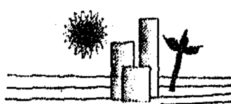


شكل رقم (١١)

ثانيا ـ العمليات المرتبطة بتطور السفوح :

مقدمة :

تعد السفوح slops من أهم الأشكال الأرضية إلى جانب أنها تؤثر بشكل كبير ومباشر على الأنشطة البشرية المختلفة من زراعة ومن طرق وسكك حديدية ومنشآت وغير ذلك، وإذا ما كانت السفوح غير مستقرة لسبب ما فإنها فى هذه الحالة تسبب العديد من المشاكل والتهديدات بالنسبة للإنسان.



وتتميز السفوح فى الصخور شديدة المقاومة لعمليات التعرية، وكذلك السفوح فى المناطق التى تضعف فيها عمليات النحت والتجوية ـ بأنها تتغير بمعدلات بطيئة جدا، حيث نجد سفوحا تتراجع بمعدلات أقل من ملليمتر واحد فى السنة بحيث تبدو وكأنها فى حالة ثبات static state، والكثير من السفوح فى الواقع قد تكون نتاج ظروف مناخية سابقة كانت فيها عمليات التجوية والنحت أنشط منها فى الوقت الحاضر.

أ ـ حركة المياه على السفوح :

الواقع أن العمليات الجيومورفولوجية التى تتم على السفوح تتحدد بدرجة كبيرة بكيفية تحرك المياه عليها أو تحركها خلال صخورها، والمعروف أن لكل مواد أرضية طاقة تشرب محددة Infiltration capacity (عادة تقاس بالمليمتر فى الساعة) يتم بها امتصاص مياه المطر، فإذا ما كان ماء المطر أقل من طاقة التشرب فسوف يتسرب الماء إلى ما تحت السطح خلال مسامات التربة soilpores بعد أن يطرد الهواء الموجود بها.

وعندما تمتلئ كل مسامات التربة بالماء تكون التربة فى هذه الحالة قد تشبعت تماما بالماء، وعلى ذلك فمنطقة التشبع ترتفع عقب سقوط أمطار غزيرة وتهبط تحت مستوى الماء الجوفى under ground water table حيث المياه الجوفية التى تتحرك نحو النهر بمعدل تتحكم فيه نفاذية التربة وانحدار مستوى سطح الماء الأرضى نفسه.

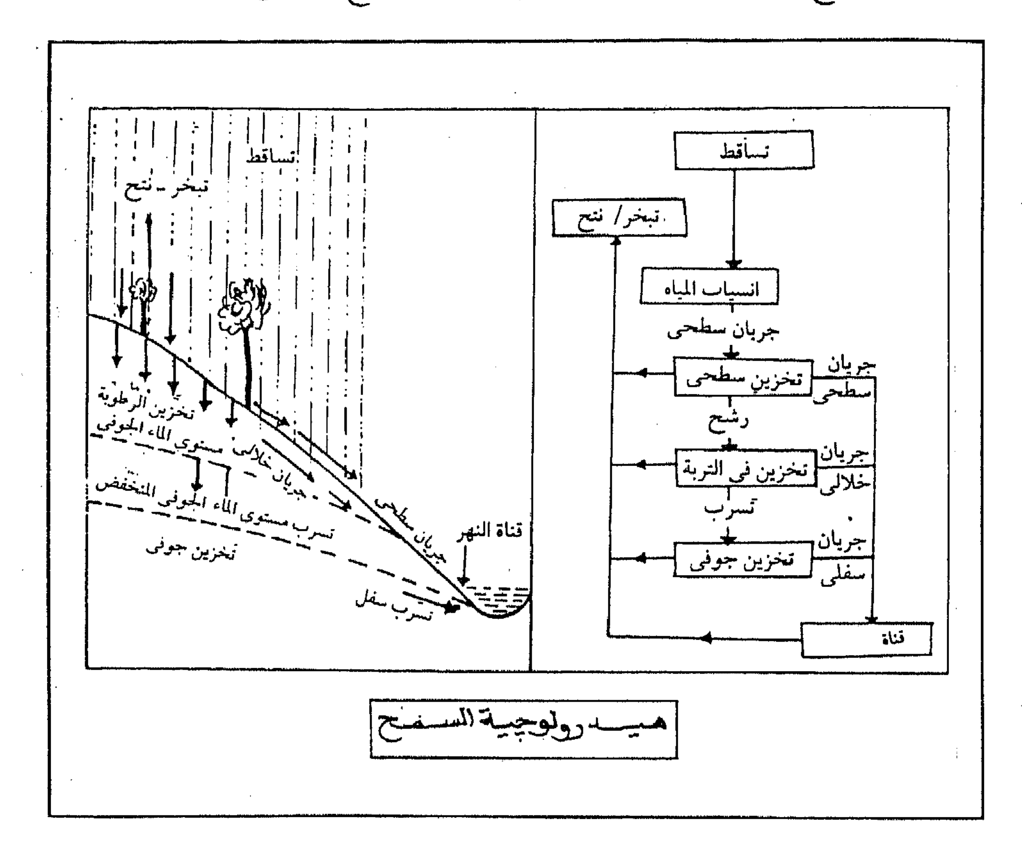
وتعنى نفاذية التربة مدى قدرتها على نقل المياه خلالها، ونظرا لبطء حركتها فى الصخور فإنها تحتاج إلى وقت لإحداث نوع من التوازن الكيماوى مع العديد من العناصر الكيماوية الموجودة بالصخور.

ولاشك أن النهر الذى يستمد مياهه من هذا المصدر يحتوى على كميات كبيرة من المواد المذابة والتى تمثل جزءا هاما من حمولته.



وقد يضطر جزء من المياه التى تسربت فى التربة إلـى الحركة الأفقية فى حالة ما إذا ما قـابل أفقا صخريا غـير منفذ impermeable ويطلق فى هـذه الحـالة على الجريان المائى باتجاه أقـدام السفح (فيما بين السطح ومسـتوى الماء الجوفى) الجريان الداخلى interflow (شكل ١٢) ويعد مصدرا آخر لمياه الأنهار وحمولتها الذائبة.

وتوجد حركـة انسياب أخرى للمـياه خلال سطح الأرض نفسه يطـلق عليها جريان فـوق سطح التـشبع saturated overland flow. ويحـدث هذا الـنمط من الجريان بعد مـرور فترة طويلة على حدوث أمطار غزيرة نجم عنهـا تشبع كلى للتربة مما أدى إلى رفع منسوب المياه الجوفية حتى مستوى سطح الأرض.



شكل رقم (١٢)

وأما الجريان السطحى فيحدث عندما يزيد التساقط على طاقة التشرب حينئذ يتجه الماء الفائض للجريان على السطح، ويحدث ذلك عندما يكون مستوى الماء الأرضى الجوفى بعيدا عن سطح الأرض، على سبيل المثال إذا سقط مطر ٧٥ ملم/ ساعة وكانت طاقة التبخر ٥٠ ملليمتر فى الساعة فإن الفائض المائى يكون ٢٥ ملم/ ساعة ويتجه للجريان السطحى (Wilcock, D, 1983, p 34).

ب ـ تصادم مياه المطر بالسفح Rain fall - impact :

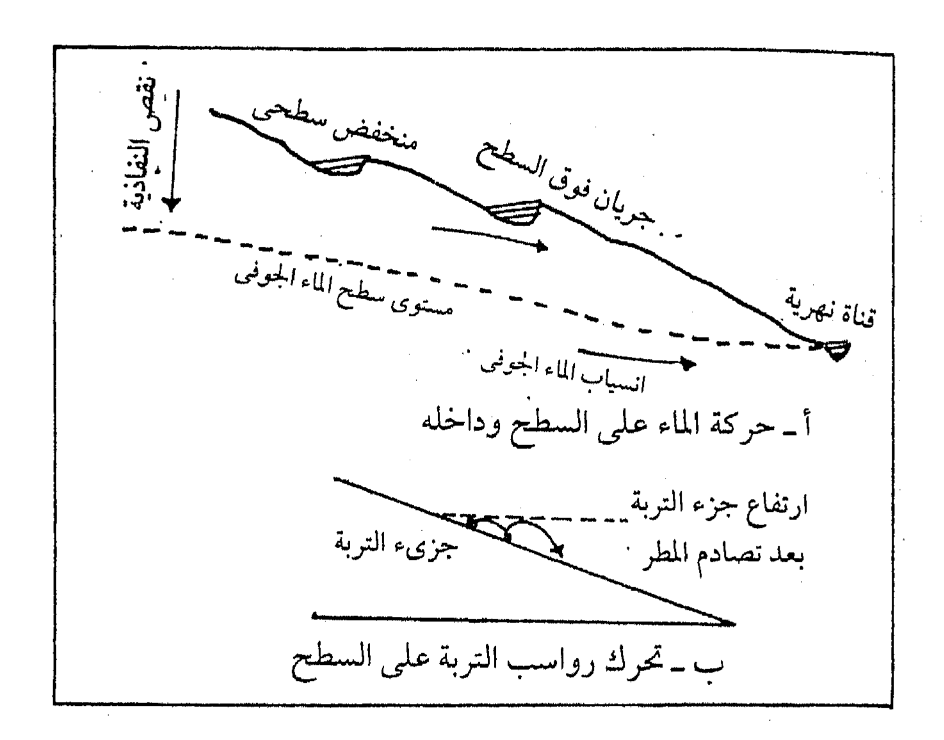
يتم خلال هذه العملية حركة للجزيئات الصخرية على سطح السفح باتجاه الانحدار، فأثناء سقوط المطر الغزير تقفز حبيبات التربة إلى أعلى بارتفاعات تصل إلى نحو ٥٠ سم فوق منسوب سطح السفح، وينتج ذلك بسبب الطاقة الكبيرة الكامنة فى المطر الساقط، فإذا ما كان السطح أفقيا يكون النقل خلاله صفرا، أما إذا كان الانحدار هينا (نحو ١٠ درجات) فتكون حركة مواد التربة باتجاه انحدار السفح (نحو أقدام الحافة) قدر حركتها تجاه القمة ثلاث مرات، ويرجع ذلك إلى أن الجزيئات التى تتحرك إلى أسفل بعد التصادم ترحل مسافة أطول فى الهواء بالمقارنة بالجزيئات التى تحل محلها بالحركة نحو القمة (شكل ١٣) وهذه العملية مؤثرة بشكل كبير فى المناطق الجافة وشبه الجافة semi-arid وذلك لأن المطر هنا عندما يسقط يكون مدرارا وغزيرا على سفوح تختفى منها النباتات تقريبا أو إذا ما وجدت تكون مبعثرة على مساحات واسعة(*).

جـ ـ الانهيارات الأرضية Mass wasting :

حالة وسط بين عمليات التفكك والتحلل الموضعى (التجوية بنوعيها) وبين عمليات النحت، وهذه العملية مؤثرة بشدة فى تحديد ملامح ومورفولوجية السفوح. وتوجد لهذه العملية ثلاثة أشكال رئيسية تتمثل فى زحف

* يعمل النبات إذا ما وجد بكثافة على حماية التربة من تصادم قطرات المطر.





شكل رقم (١٣)

التربة soil creep والتدفق الطينى mudflow والانزلاقات الأرضية بأنواعها المختلفة landslide، وقد كان شارب sharp أول من درسها ووضع تصنيفا لها سنة ١٩٣٨ (صبرى محسوب، ١٩٨٣، ص ٣٨) كذلك وصفها عام ١٩٧٢ مع العوامل الأخرى المؤثرة فى تطور أشكال السفوح.

١ ـ زحف التربة :

وهى حركة بطيئة ومستمرة للرواسب الصخرية ومواد التربة على جوانب السفوح باتجاه الحضيض تسبقها عمليات تجوية ثم تدخل بعد ذلك تحت نفوذ الجاذبية الأرضية gravitation التى بدورها تؤدى إلى تحرك المواد الصخرية فى اتجاه الانحدار، ويستدل على هذه العملية رغم بطء تحركها من العديد من المؤشرات مثل تراكم الرواسب والمواد الصخرية على جانب الأسوار المواجهة للتل أو أعالى السفح وميل أعمدة الكهرباء وجذوع الأشجار فى اتجاه حركة زحف الرواسب.



٢ ـ التدفق الطينى Mudflow :

تأتى الرواسب من مصدر يشبه حوض النهر وتمتد فى مجرى ضيق متدفق وتتمثل التدفقات الطينية فى رواسب صخرية مشبعة تماما بالمياه التى تعمل على تشحيمها وتدفقها بشكل سريع فى صورة طبقات سميكة من المواد المتحللة والتى عادة ما تحدث فى مناطق عارية من النباتات، ومن أمثلة التدفقات الطينية تلك التى حدثت فى مرتفعات سان جوان بولاية كلورادو الأمريكية وكان قد سبقها تساقط صخور ومواد لافية مجواة ومشبعة بالمياه، وقد تدفقت المواد الطينية إلى مسافة عشرة كيلومترات على سفح انحداره خمس درجات وارتفاع قمته ٨٠٠ متر، وتحدث كثير من التدفقات الطينية كذلك فى مناطق الجبال المرتفعة التى تتعرض لأمطار غزيرة مثلما يحدث فى بيرو ودول الأنديز بأمريكا الجنوبية.

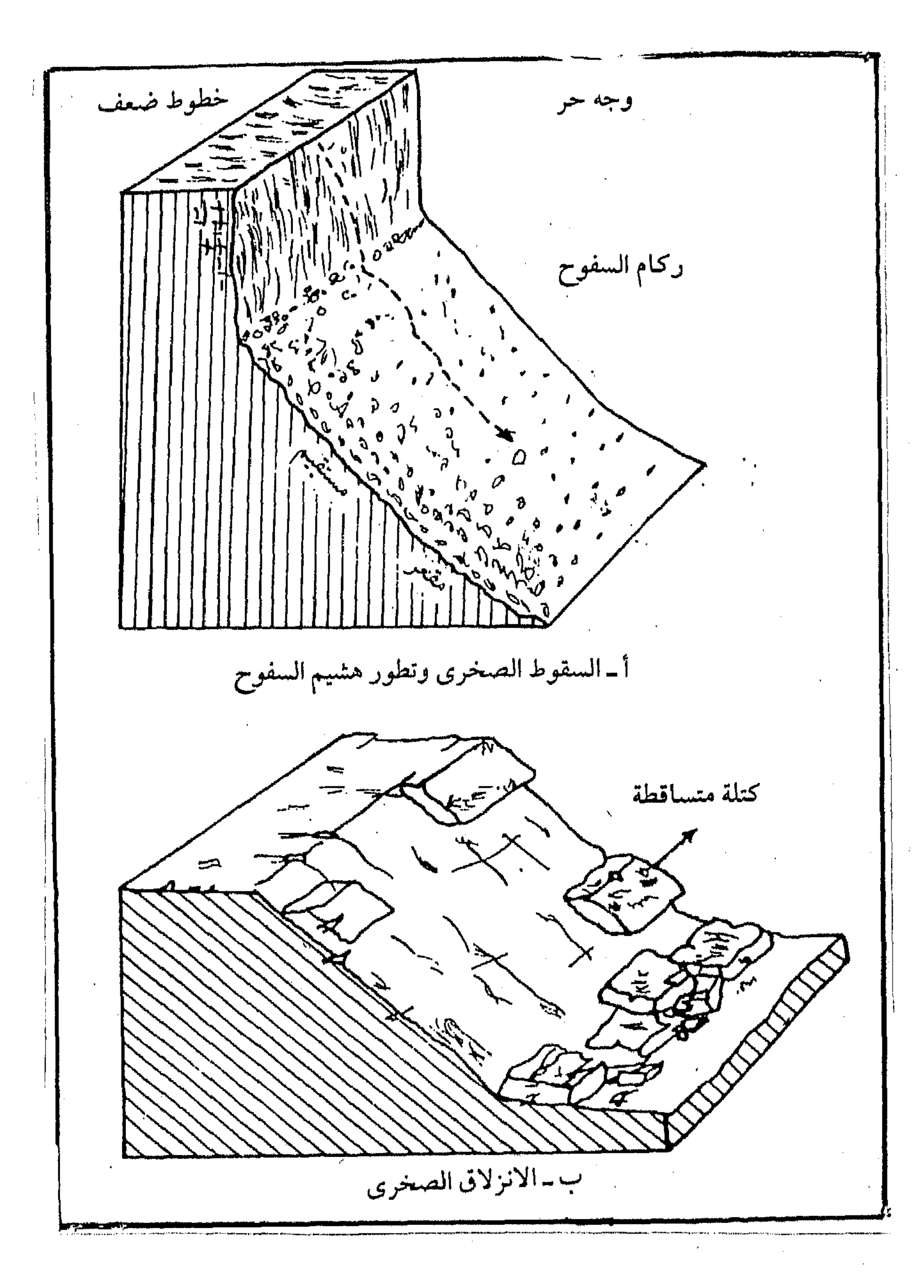
٣ ـ الانزلاقات الصخرية :

تحدث بشكل فجائى سريع وتتميز المواد المنزلقة بأنها أقل تشبعا من تلك المواد التى تنساب فى شكل تدفقات طينية، وعادة ما يطلق لفظ land - slide على أى تحرك سفلى للصخور على جوانب السفوح تحت تأثير الجاذبية، وينقسم الانزلاق الصخرى إلى قسمين رئيسيين.

أ ـ ١ ـ انزلاق صخرى Rock slide يحدث على سطح صخرى منحدر وقد يكون فى شكل كتل صخرية كبيرة الحجم أو مفتتات صخرية (شكل رقم ١٤) وتوضح الصورة التالية رقم (٣) بعض الكتل الصخرية عند حضيض أحد السفوح الجبلية.



صورة رقم (٣)



أ ـ السقوط الصخرى وتطور هشيم السفوح

ب ـ الانزلاق الصخرى

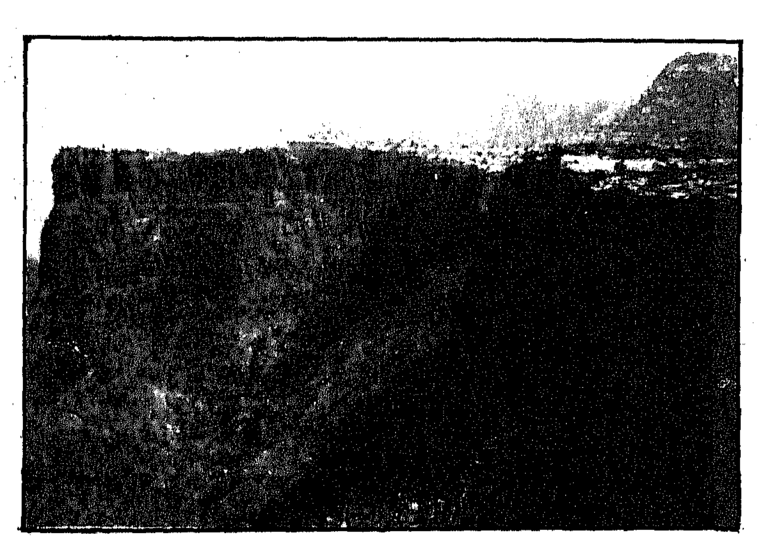
شكل رقم (١٤)

ب ـ ١ ـ انزلاقات ذات دورات خلفية عادة ما تحدث على سطح تتعاقب فيه التكوينات الصلبة مع التكوينات اللينة وينتج عن تحرك الصخور مع حدوث دور خلفية لها على محور أفقي ـ تكون سلسلة من الدرجات الصغيرة.

نموذج وود Wood's Model لتطور السفح :

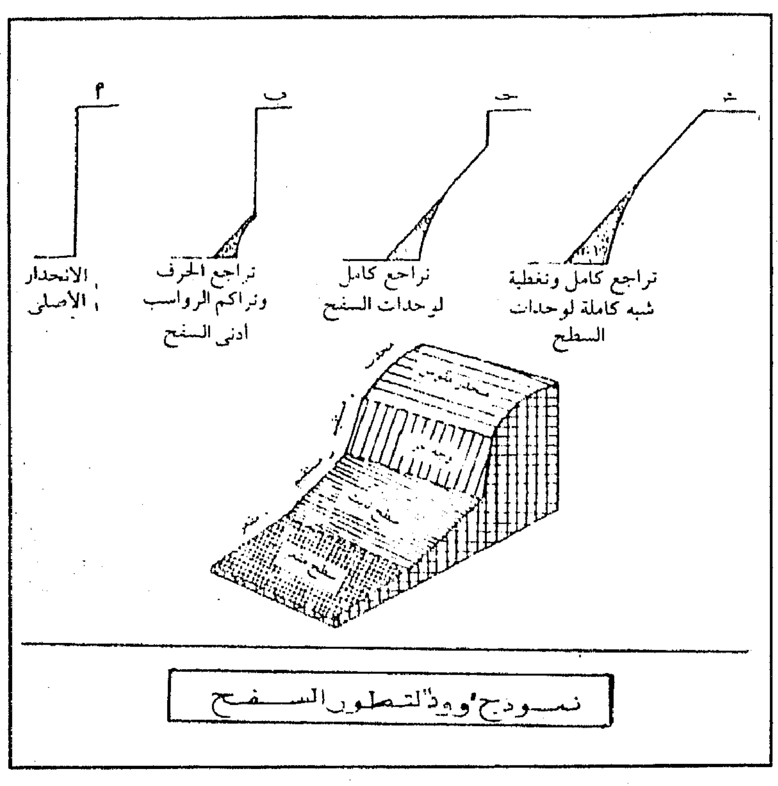
قد يمكننا ملاحظة العوامل السابقة المؤثرة فى تشكيل السفوح وتطورها، وقد يمكننا أيضا قياسها، ولكن من المستحيل قياس تطور السفوح خلال تاريخها الجيومورفولوجى الطويل، ولذلك كان لابد من استنتاجها من خلال وضع نماذج ونظريات، ومن النماذج التى يمكن وصفها بإيجاز نموذج «وود» الذى وضع عام ١٩٤٢ لوصف تطور السفح slope evolution.

فى هذا النموذج والموضح بشكل (١٤) نجد الوجه الحر free face عبارة عن سطح تنشط عليه عمليات التجوية الميكانيكية ويزداد تراجع هذا الوجه مع ازدياد نشاط التجوية، وتتراكم المفتتات الناتجة عن التجوية من هذا الوجه فى شكل ركام سفوح scree على المنحدر الثابت للسفح Constant، ويستمر التشكيل على هذا المنوال يليه باتجاه الحضيض سفح مقعر concave slope يتم عليه العديد من عمليات الغسيل الصخرى، مع تشكل سطح محدب أعلى الوجه الحر نتيجة لعمليات التجوية (لاحظ الصورة رقم (٤) التى توضح سفوحا شديدة الانحدار أعالى الحافة بمنطقة حبلة بعسير).



صورة رقم (٤)





شكل (١٥)

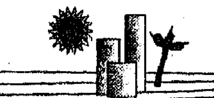
ولا يشترط فى الواقع وجود الأوجه الأربعة مع بعضها فى أى مكان، فعلى سبيل المثال والتوضيح، لو أن التجوية الطبيعية أوجدت ركامات سفوح بمعدلات أكبر من معدلات الإزالة بفعل التعرية فوق السطح الثابت فيمكن فى هذه الحالة أن يستمر فى تطوره ونموه ممتدا حتى الوجه الحر بحيث يتغطى مجمل السفح بالرواسب المفككة مغطيا تماما الصخر الأصلى له.

ثالثا : الأنهار وعملها الجيومورفولوجى

(دورها فى تشكيل سطح الأرض)

نشأة الأنهار :

يبدأ تكون الأنهار بشكل عام من خلال سقوط المطر على سطح منحدر وتقوم مياه الأمطار بعمليات نحت باصطدام قطراتها بالسطح وقيامها بالتقاط المواد



الصخرية الناعمة يساعدها فى تلك العمليات ما تحويه قطراتها من طاقة حركية وسطح خالٍ من النباتات الطبيعية التى إن وجدت فإنها تشكل حماية للسطح من عمليات التعرية المختلفة. (شكل رقم ١٧).

ويرى أليسون (Allison, I etal, 1980, p 47) أن الطاقة الحركية الكلية لأمطار قدرها ١٠ سم تكون كافية لرفع ١٠ سم من التربة لمسافة مترين، ويرى أن هذا الارتفاع لا يتم فى الواقع ولكن ما يحدث نتيجة لذلك هو تفكك لجزيئات التربة وضعف لمقاومتها لعمليات التعرية اللاحقة.

وبالنسبة للسطح الأصلى قبل تكون الأنهار فإن الشكل الأولى له تصعب معرفته وإن كان سباركس Sparks يري في ذلك أن السطح الأصلي السابق لتكون أنظمة التصريف المائي عادة ما يتضمن تجويفات تتوزع بشكل عشوائي تنتهي إليها الأنهار لتحولها إلي برك وبحيرات تتجمع فيها المياه في شكل مجري مائي محدد.

وكما ذكرنا فى دراسة السفوح فإنه كلما زاد التساقط على طاقة التشرب فى التربة، فإن الماء الزائد ينساب فى شكل جريان سطحى، ويبدو الجريان على السفوح بطيئة الانحدار والمنتظمة غطائيا sheet folw فى شكل راقة مائية تتحرك فى اتجاه الانحدار ينتج عنها ما يعرف بالنحت الغطائى ويستطيع فقط نحت الصلصال والغرين تاركا الرمال والحصباء كرواسب متبقية على السطح residual deposits أما المياه التى تتحرك على سطح غير منتظم فإنها عادة ما تنساب فى شكل نهيرات صغيرة (جداول Rills) ونتيجة لذلك تزداد سرعة التدفق المائى، يرتبط بذلك زيادة قدرتها على النحت بمعدل أكبر من الجريان الغطائى، وتقوم هذه الجداول المائية بتعديل منحدراتها الأصلية من خلال زيادة أبعادها واتخاذها أشكال أودية محددة الجوانب، تنحدر نحو القناة المائية، ويرتبط تطور هذه الأودية بالنحت الصاعد headward erosion والتعميق، وتتشكل شبكة من خطوط التصريف المائى كل منها يجمع مياهه من حوض تصريف مائى صغير(*).

وجدير بالذكر أن عمليات النحت تزداد قوة على السفوح غير المحمية بالغطاءات النباتية والتى بدورها تقوم بحماية السطح من خلال امتصاصها لقطرات

(*) حوض التصريف يمثل المساحة السطحية التى يستمد منها النهر مياهه وحمولته من الرواسب، ونسمى حدوده بخطوط تقسيم المياه والتى تفصل حوض التصريف عن غيره من الأحواض.



تبخر
(مخرجات)

تساقط
(مدخلات)

تخزين
سطحى

تخزين فى التربة

جريان نهرى «مخرجات»

مدخلات

مخرجات

تساقط ← مياه سطحية ← تخزين سطحى ← رشح ← تخزين فى التربة ← تسرب جوفى ← تخزين جوفى

تبخر

نتح

جريان سطحى

جريان داخلى

جريان جوفى

تخزين فى القناة

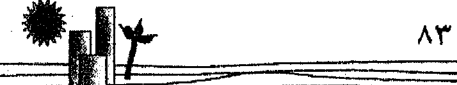
جريان سطح

خارج

شكل رقم (١٦)

المطر وبالتالى تضعف من قدرتها وتقلل طاقتها قبل سقوطها على الأرض، إلى جانب ما تقوم به الجذور من تماسك للتربة ضد عمليات النحت بفعل قطرات المطر.

ويقدر بأن كمية من المطر معدلها السنوى من ٢٥ ـ ٣٥ سم يمكن أن ينتج عنها جريان سطحى على سفح فقير فى غطائه النباتى.



ومع وضوح شـبكات الأودية بروافدها فـإن العمليات التـحاتيـة السائدة من تجوية ونحت بفعل قطرات المطر تسـتمر فى إضافة المواد الصخرية المفـتتة إلى النهر لتـساعـده فى تطور واديه وتشكيل وإبراز أنماط جـديدة من السفـوح. ولاشك أن العمليات السابقـة بجانب قوى الجاذبية لها شأن كبيـر فى تطور أحواض التصريف المائى وفى تخفيض السطح، يتضح ذلك الشأن الكبير إذا ما عرفنا أن ٥٪ فقط من مساحة الحوض النهرى تشغله القنوات المائية.

ـ حركة مياه النهر :

أ ـ الجريان الطبقي أو الصفحى Laminar flow :

يتم الجريان الصفحى فى حركة بطيئة جدا خلال قناة النهر فى شكل طبقات أو فرشات مـائية إن صح التعبير تتـعاقب فوق بعضهـا البعض، وهذا الجريان ليس كافيا ـ كما ذكرنا سابقا ـ للقيام بأى دور للنحت ولا يقوم فى العادة بحمل رواسب عالـقة، ويشـبهه سـباركس بـانزلاق ألواح شبـه أفقيـة الواحد مـنها فـوق الآخر (سباركس، ١٩٨٣، ص ١٣٤).

ب ـ التدفق الدوامى Turbulent flow :

يتم خلال هذا النوع من التدفق حركة مضطـربة لمياه النهر بسرعة تتراوح بين متر واحد إلى ثلاثة أمتار فى الثانية، فى شكل سلسلة من الدوامات المائية eddies الثانوية والمشوشة مركبة فوق التدفق الرئيسى للنهر.

وتقل السرعـة قرب القاع بسـبب الأثر الاحـتكاكى frictional ويعمل التدفق الدوامى على حمل الرواسب لمسافات بعيدة على طول مجرى النهر.

جـ ـ سرعة جريان مياه النهر Velocity:

تتأثر سـرعة مـياه النهر بعـدد من المتغـيرات تتمـثل فى انحدار قـاع المجرى ودرجة خـشونة القناة، والتصريف المائى والحـمولة load، ويعد الانحـدار أهمها جمـيعا حـيث تتحـول من خلاله الطاقـة الكامنة إلى طاقة حركـية، ويعـمل عدم الانتظام فى جوانب القناة المائيـة وفى قاعها على زيادة الاحـتكاك بالمياه واضطراب جريانها ويؤثر كذلك على سرعـة الجريان، وعادة ما يزداد الاحتكاك مع زيادة عدم الانتظام فى الجـوانب والقاع، وهذا (الاحـتكاك) أقل فى القنوات نصف الدائرية

semicirulare channels وذلك لأن الأسطح المبـــتلة بهـا أقل منهـــا فى الأشكال الأخرى، مع الأخـــذ فى الاعتبار أن مـــعظم القنوات المائية الطبـيعية أوسع وأكـــثر ضحولة من الشكل النموذجى سابق الذكر.

ـ النـحـت فـى الأنـهـار :

أ ـ النحت الميكانيكى أو البرى :

تتم هذه العملية من خلال الضغط على القاع مع ما تحمله المياه من رواسب مما يؤدى إلى تقطيع القاع وتفتت صخوره حـيث إن المياه المحملة بالرمال والحصى تكون قادرة على النحت وتشكيل خوانق عـميقة deep gorges على طول مجرى النهر، وتتــماشى قدرة النحت النــهرى فى حالة الأنهــار التى تتكون حمولتــها من رمال وحصباء مع مــربع سرعة النهر فى علاقة ارتباطية، فكلمــا زادت سرعة التيار زادت كميات الرواسب والمفــتتات الصخرية بشكل أكبــر من المرحلة السابقة لزيادة سرعة التيار وبالتالى يكون تأثيرها على النحت أكبر بكثير.

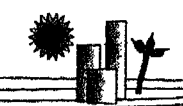
ب ـ الفعل الهيدروليكي :

يقصـــد به قيام مياه الــنهر بدون مساعـــدة الرواسب بنحت القاع، وينتج عن ذلك اصطدامهـــا بالرواسب القاعية الســائبة واصطدامها كــذلك بالجوانب مما يؤدى إلى زيادة تفككهـــا ورفعـــها وجـــرها إلى الأمام فى اتجــاه الجريان المائى، وتــتراوح أحجام هذه الرواسب ما بين الغرين والجلاميد.

جـ ـ الإذابة Solution :

من المعروف أنه من وجهة النظر الكيماوية لا يوجد فى الظروف الطبيعية ماء نقى، حيث إن مــياه الأنهار تحتـوى على مواد مذابة، وهذه المواد تســاعد بدورها على زيادة كفاءة المياه كمذيب لبعض المواد.

على سبيل المثال نجـد أن الأنهار التى تجرى فى سبخات أو مــستنقعات bogs تلتقط ثانى أكسيد الكربون والأحماض العــضوية من النباتات المتحللـة، كما يمكن للسليكات أن تذاب فى مــياه الأنهار تحت ظـروف معينة، كــذلك تذاب التكوينات الجيرية بسهــولة فى مياه الأنهار التى تحتوى على الأحــماض التى تحول الكربونات



الموجـودة إلى بيكربونات قـابلة للإذابة، ويقدر بأن نـحو ٥ بليـون طن من المواد الصلبة بالقارات تذاب سنويا معظـمها بواسطة المياه الجوفية وجزء كـبير منها يرتبط بمياه الأنهار، فعلى سـبيل المثال يقدر ما يحمله نهر المسـيسبى من المواد المذابة نحو ١٢٦ مليون طن، ويعتـبر نهر شانون بأيرلندا نموذجا لنهـر ساعدت الإذابة والنحت الكيماوى corrosion فى تكوين مـجـراه، ولذلك كـانت الأنهـار التى تجـرى فى مناطق ذات صخـور جيرية أقـدر على تكوين أودية عمـيقة بالمقـارنة بنظائرها التى تجرى فى مناطق ذات تكوينـات صخرية نارية أو فى تكوينات من الحـجر الرملى، وهذه يمكن ملاحظتها فى قطاع نهر النيـل الممتد فى تكوينات الحجر الرملى النوبى nubia sandstone جنوب ثنيـة قنا بقطاعه المـمتد خلال تكوينات الحـجر الجـيرى الإيوسينى، وكذلك بمقـارنة الأودية الجافة فى هضبة المعازة الجـيرية مثل وادى قنا ووادى طرفا بنظائرهـا بهضبة الـعبابدة الرمليـة النوبية حيث تبـدو الأولى عميـقة المجرى ذات حافات شديدة الانحدار نحو قيعانها على العكس من الثانية التى تبدو أكثر اتساعا وأقل عمقا.

ـ النقل بواسـطة الأنهار :

تقوم الأنهار بنقل رواسبها (حمـولتها) عن طريق الانزلاق والتدحرج بالنسبة للرواسب الخشنة على طول قيعانها، وعن طريق حمل الرواسب الناعمة من الرمل والغرين، بينمـا تحمل العناصر القـابلة للإذابة فى شكل حمولة مـذابة، ومما يعزز قدرة النهر على الحمل أن معظم المفتتات الصخرية والمعدنية المحمولة بواسطة مياهه تفقد ٤٠٪ من وزنها فى حالة وجودها مغمورة بالمياه، وسواء كانت مفتتات منقولة على القاع أو حمولة عالقة فإن نقلها يعتمد أساسا على حجمها ووزنها وسرعة تيار الماء بالنهر.

أ ـ النقل علي القاع (حمولة القاع Bed load) :

تعد أكبر الرواسب فى حجم حبيـباتها، ويتم نقلها بواسطة التدحرج rolling على طول قاع النهـر، ونتيجة لـدحرجتهـا يتم تكسرها بسبب اصطدامـها ببعضـها البعض فى عملية ميكانيكية يطلق عليها طحن الرواسب attrition.

ب ـ القفز Saltaion :

تتميز الرواسب التى تنتقل بهذه الطريقة بأنها أصغر حجما من السابقة وتشبه طريقة قفز الحبيبات الرملية الخشنة على سطح صحراوى صلب بفعل الرياح.



جـ ـ النقل بالتعلق Suspension :

يتم النقل بالتعلق بالنسبة لأصغر الحبيبات حجما، ويقصد بها نقل رواسب الغرين والطين الدقيقة فى جسم الماء الجارى وتزداد مع حدوث تدفق دوامى لمياه النهر.

ء ـ النقل بالإذابة Solution:

تعد طريقة نقل كيماوية غير الطرق الميكانيكية السابقة حيث تنتقل الرواسب بطريقة الإذابة كما ذكرنا آنفا.

وسائل قياس حمولة النهر :

بالنسبة لحمولة القاع فإنه رغم صعوبة قياسها، فقد تمت محاولات من خلال عمل مصايد للرواسب فى قاع الأنهار تسمح بتراكم الرواسب أمامها ثم يتم رفعها ووزنها وحساب معدلات الترسيب والنقل على القاع خلال فترات زمنية محدودة.

أما الحمولة العالقة فهى عادة ما تقاس بالمليجرام فى اللتر أو بالأجزاء فى المليون p.p.m* ويتم قياسها من خلال ترشيح المياه بورق ترشيح ثم تجفيف الورق عند درجة حرارة ١٠٥م، وبعد ذلك يتم حساب الكمية من الرواسب بمقارنة وزن الورق الذى تم تجفيفه بورق من نفس النوع والحجم لم يستخدم من قبل، ويتم الحساب من خلال المعادلة التالية :

$$\text{تركيز الرواسب} = \frac{\text{وزن الرواسب التى استخرجت} \times \text{مليون}}{\text{حجم عينة الماء بالسنتيمتر المكعب}}$$

أما المواد المذابة فيمكن حسابها من خلال تبخر كمية من مياه النهر يتم ترشيحها من الحمولة العالقة ثم يتم وزن الأملاح والعناصر المذابة.

* ـ اختصارا لـ Parts per million



القطاع الطولى للنهر ومستوى القاعدة :

تتميز القطاعات الطوليـة للأنهار فى معظم أجزائها بتقعرها تقعـرا خفيفا تجاه المنبع، ويبدو من المظهر العام للقطاعات الطولية لمعظم الأنهار أنها غير منتظمة على طول امتدادها حتـى المصب حيث تظهر مناطق عدم انتظام تتمثل علـى سبيل المثال فى الجنادل وما يرتبط بها من مندفعات rapids فى مناطق الصخور الصلبة وخاصة النارية أو المتحولة والتى لها القدرة على مقاومة عمليات التعرية، فتظهر فى مجرى النهر فى شكل نتوءات صخرية بارزة فى معظمها فوق مستوى سطح النهر، ويعمل وجودها على تضـييق المجـرى وتقسيـمه إلى أكثـر من قناة، وينتج عن ذلك زيادة سرعة الجريان النهـرى فيما يعرف بالمندفعات أو المسـارع، وتعد الشلالات أيضا من مظاهر عـدم انتظام الجريـان النهرى، وقـد تنتج للسـبب الأول أو بسبب حـدوث تغيرات فى مستوى القاعدة base level (راجع بالتفصيل المؤلف، ١٩٨٣، ص ص ٦٦ و ٦٧).

أما مستوى القاعدة فهو ببساطة المستوى الذى لا يمكن للنهر أن ينحت أدنى منه ويمكنه الوصول إليه فى حالة ما إذا وصل انحدار النهر إلى الصفر.

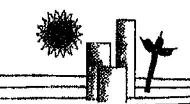
وهناك نوعان أساسيان لمستوى القاعدة :

أ ـ المستوى الدائم أو النهائى Ultimate base level :

ويقع هذا المستـوى أدنى قليلا من مستـوى سطح البحر، وقد يتـعرض هذا المستوى للتغـير بالارتفاع أو الهبوط الأيوستاتيكى أو التكتونى ومن ثـم يفقد صفة الدوام والتى أطلقت عليه بسبب البطء الشديد فى تغيره بالطرق السابقة.

ب ـ المستوى المحلى Local base level :

قد يتمثل هذا المستوى فى منخـفض داخلى تتجه إليه الأنهار التى لا تستطيع الوصول إلى البحر لأسباب يتمثل أهمها فى بعدها نحو الداخل أو قلة تصريفها أو بطء الانحدار، وقـد يتمثل هذا المستـوى أيضا فى بحيـرة داخلية مثل بحيـرة تشاد وكذلك بحيرة فيكتـوريا التى تمثل مستوى قاعدة محليا بالنسبة لنهـر الكاجيرا وغيره من الأنهار التى تمثل روافد استوائية عليا لنهر النيل.



وعندما يهبط مستوى القاعدة الدائم أو الرئيسى (مستوى سطح البحر) أو يرتفع اليابس تبزغ طاقة كامنة فى الأنهار التى تنتهى إليه مما يدفعها للنحت وتخفيض مجراها ليتناسب مع المنسوب الجديد لمستوى القاعدة، ويعرف ذلك بإعادة الشباب rejuvenation والتى من أهم مظاهرها وجود المدرجات الدورية التى تظهر فى شكل مدرجات جانبية متماثلة، تمثل بقايا لسهل فيضى سابق، وكذلك الجنادل والشلالات التى تمثل نقط تقطع knick points أو نقط تجديد على طول مجرى النهر وذلك فى حالة ما إذا كانت مرتبطة بتغير مستوى القاعدة.

الثنيات النهرية والسهل الفيضى :

River Meanders and flood plain

تنشأ الثنيات النهرية فى وقت مبكر من فترات النحت النهرى عكس ما هو شائع من كونها تنشأ عندما يتوقف النهر عن التعميق، بل إن السهل الفيضى قد يتكون قبل أن يتوقف النهر عن التعميق.

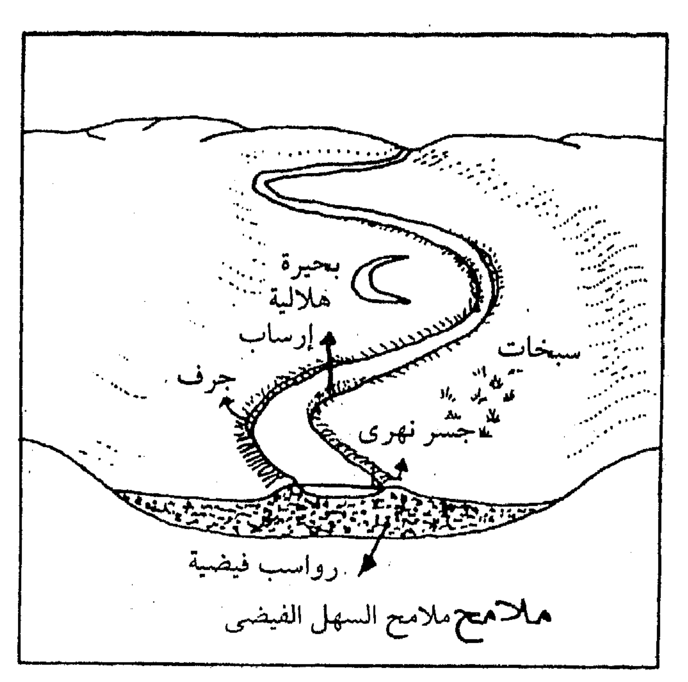
وجدير بالذكر أن هناك صعوبات بالغة فى تفسير النشأة الأولى للثنيات النهرية (سباركس، ١٩٨٣، ص ١٦٣).

وقد أظهرت التجارب والقياسات الحقلية التى تمت على قطاع من نهر المسيسبى أن زيادة التصريف المائى تؤدى إلى توسيع نطاق الثنية وزيادة أبعاد الثنيات مثل طول موجة الانثناء meander - wave lenghth (شكل ١٨).

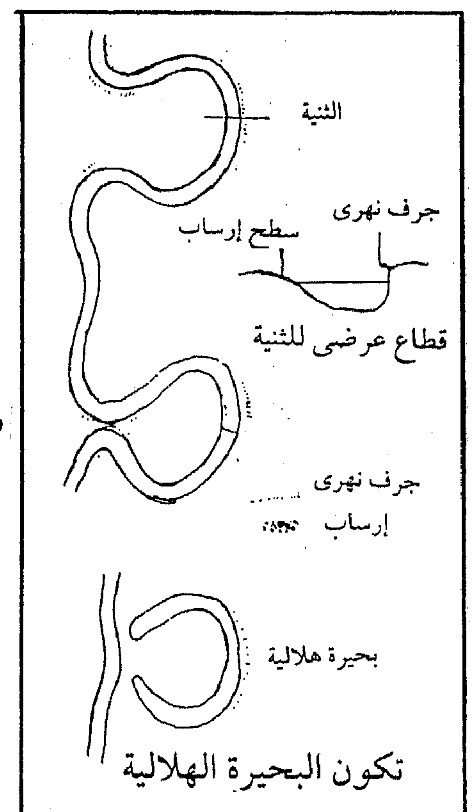
كذلك أظهرت تلك التجارب أن الانحدارات الخفيفة وقلة حمولة القاع تعمل على تكون الثنيات النهرية.

ويزداد حجم الثنيات بواسطة النحت فى جانبها الخارجى (المقعر) والإرساب فى الجانب المحدب، وربما تلعب الحواجز أو الجزر الطولية فى القطاعات المستقيمة بالمجرى النهرى دورها فى توليد تيار مائى يساعد من خلال اندفاعه نحو الجانب الخارجى للثنية على النحت، وبالتالى على تطورها كظاهرة مورفولوجية مميزة للأنهار والتى نادرا ما تظهر مستقيمة فى الطبيعة، وعادة ما يتناسب حجم الثنية مع حجم النهر ويتراوح اتساع نطاق الثنيات بين ٨ و١٨ مرة قدر اتساع النهر (شكل ١٩).





شكل رقم (١٧)



شكل رقم (١٨)

ومع تطور الثنيات تستمر فى الهجرة الجانبية الدائمة نحو المصب down stream وفى هذا التحرك والهجرة المستمرة تتكون مدرجات نهرية وسفوح منهارة وجروف مقوضة تشهد على التطور المستمر للثنيات وهجرتها لمجراها.

ويمكن فيما يلى إيجاز المراحل التى يتم فيها تقطيع الثنيات وتكوين الأشكال المرتبطة بها.

أ ـ تبدأ هذه العملية بظهور رقبة الثنية فاصلة بين جانبين مقعرين نتجا عن النحت.

ب ـ اقتطاع الرقبة وتكوين جزيرة،يحدث ذلك عادة خلال فترات الفيضان.

جـ ـ يحدث إرساب على طول نهايتى اقتطاع الثنية حيث تتكون بحيرة هلالية ox - bow - lake قد تنصب مياهها بعد انفصالها عن المجرى النهرى وعدم تغذيتها بالمياه لتتحول فى النهاية إلى منطقة هلالية منخفضة فوق سطح السهل الفيضى تعرف بعلامة الثنية تظهرها خطوط الكنتور فى الخرائط التفصيلية مثل خرائط ١ : ٢٥,٠٠٠ فى مصر والتى تظهر بها الكثير من علامات الثنيات وغيرها من الظاهرات المرتبطة بتطور الثنيات على طول امتداد السهل الفيضى وعلى جانبى فرعى رشيد ودمياط.

أما السهل الفيضى: فهو عبارة عن المناطق المستوية والمتسعة على جانبى القناة المائية للنهر. حيث يحدث ترسيب نشط على جانبى النهر فى مرحلة الشيخوخة وذلك أثناء الفيضان، وحينما يحدث ذلك ترتفع الجوانب فيما يعرف بالجسور الطبيعية natural levees حيث تترسب المواد الخشنة فى أقرب منطقة من النهر، وكثيرا ما يفيض النهر بحيث تطغى مياهه على هذه الجسور وتغرق السهل الفيضى وتترك رواسبها على سطحه، ومع تتابع عمليات الترسيب الدورية يتم تكون وتطور السهل الفيضى.

وإذا ما كان القطاع العرضى للسهل الفيضى يأخذ شكلا محدبا إلى أعلى، ففى هذه الحالة يمكن أن تكون رواسبه قد أتت فى معظمها من الحافات المجاورة،



حيث يقوم النهر فى أثناء هجرته لمجراه بنحت الرواسب التى كان قد رسبها فى مرحلة سابقة،يضاف إليها كما ذكر الرواسب التى تأتى بفعل الفيضانات الدورية أو الفصلية.

الأنهار المضفرة Braided Streams :

عندما يكون النهر شديد السرعة، تزداد قدرته على حمل ونقل كميات كبيرة من رواسب القاع من الرمال والمواد الأكثر خشونة، ويمكن فى الوقت نفسه الضغط على جانبيه بقوة من خلال سرعته الزائدة وحمولته الكبيرة فإذا لم تتمكن الجوانب من مقاومة الضغط تنهار أو تغمر تماما بالمياه، وهنا تظهر للنهر قناة مائية متسعة ومستوية وتظهر بها حواجز رملية bars تعوق التيار المائى، ولذلك يظهر قاع النهر فى فترات الفيضان فى شكل قنوات متعددة تتلاقى مع بعضها البعض وتتفرق فى شكل مضفر، وهذه القنوات تتحرك بشكل مستمر بحيث تعطى نمطا متعدد القنوات multichannel braided pattern.

وهذا النمط شائع فى الأنهار التى يسودها الإرساب وإن كانت تحدث فى الأنهار التى تنحت نحتا سفليا أو تكون فى حالة التعادل، وتظهر فى الظروف المناخية التى يسودها تبخر سريع مع تسرب المياه فى الأرض أو استخدامها فى الأغراض الزراعية، ويظهر هذا النمط كثيرا فى الخرائط الطوبوغرافية المصرية مقاييس ١ : ١٠,٠٠٠ و ٥,٠٠٠ التى تبدو فيها الأجزاء الدنيا من الأودية الجافة بالصحراء الشرقية فى شكل قنوات متعددة المجرى ربما نتجت من وجود كتل نارية صلبة متفرقة تتفرع حولها المياه فيما يشبه الأنهار المضفرة وخاصة عقب سقوط أمطار سيلية.

الدالات النهرية :

تتكون الدالات عندما تضعف تماما سرعة النهر ويصبح غير قادر على نقل حمولته من الرواسب وذلك عند دخوله إلى بحيرة أو انتهائه بساحل بحرى.

وتعمل مياه البحر المالحة بالإضافة إلى ذلك على تلبد وتماسك flocculate جزيئات الطين لتصبح بذلك أثقل وزنا وتغوص بسهولة على القاع الضحل فى مياه

الشاطئ القريب، ويرى هولمز Holmes أن الكثافة النوعية للكتل المائية الثابتة -stat ic أو المتدفقة تعد عنصرا أساسيا فى تحديد شكل الدلتا، فلو كانت مياه النهر أكثر كثافة من مياه البحر أو البحيرة ـ ربما بسبب حمولتها الزائدة من المواد العالقة ـ فإنها تغوص أسفل مياه البحر أو البحيرة حاملة معها الرواسب الدقيقة لمسافة بعيدة نسبيا من خط الشاطئ وذلك فى شكل تيار مائج turbidity ولا تتبقى سوى الرواسب الخشنة لتكون الدلتا، أما إذا ما كانت العكس فإن المياه النهرية المحملة بالقليل نسبيا من الرواسب العالقة تنساب لمسافات كبيرة فوق الماء البحرى أو البحيرى الأكثر كثافة بسرعة أكبر ولمسافة أطول مثلما هو الحال فى نهر المسيسبى حيث المواد العالقة به قليلة نسبيا.

ويحدث على هوامش هذا الجريان المائى السطحى أن تقل السرعة ويحدث الترسيب وتنتج عنه رواسب وتراكمات accumlations جانبية من مواد تشكل حدودا واضحة للمياه الجارية فى شكل قنوات محددة المعالم، وعندما تغمر هذه الجوانب بالمياه أثناء الفيضانات الدورية تزداد حجما وتتشكل قنوات جديدة تأخذ شكلا يشبه قدم الطائر bird's foot pattern.

وجدير بالذكر أن الدالات فى نموها وكذلك السهل الفيضى تتأثر عادة ببناء السدود والخزانات على النهر الرئيسى أو على روافده حيث تحتجز كميات ضخمة من الرواسب مما يؤدى إلى إعاقة نمو الدالات، بل كثيرا ما تتعرض قواعدها الممتدة على طول الساحل إلى التراجع بزيادة معدلات النحت البحرى ونقص كميات الرواسب القادمة مع مياه النهر.

ومن العوامل التى تقلل من كمية الرواسب القادمة إلى منطقة المصب فى أى نهر كثرة البحيرات على طول القطاع الطولى للنهر والتى تعد بيئات إرساب يفقد خلالها النهر جزءا من حمولته، وكذلك ظروف الجفاف فى منطقة الجزء الأدنى من النهر، بينما يعمل المناخ المطير على زيادة تصرف النهر وزيادة قدرته على حمل وتحريك الرواسب وزيادة كفاءته فى نقل الرواسب الخشنة والكبيرة الحجم.



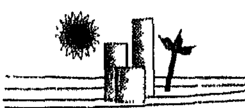
ولظروف البيئة الساحلية دورها الكبير فى التأثير على معدلات نمو الدالات وتطورها، فالساحل الصدعى شديد الانحدار لا يساعد على تكون دلتا مهما كانت الرواسب القادمة بسبب الأعماق الكبيرة أمامه، مثال ذلك مصب نهر زائير الذى يبدو فى شكل مصب خليجى estuary وليس فى شكل دلتا بسبب الأصل الصدعى للساحل بجانب نشاط التعرية البحرية الزائد ومرور تيار بنجويلا موازيا للساحل، أما السواحل الإرسابية المنخفضة مثل سواحل خليج المكسيك أوساحل دلتا النيل فى مصر وساحل خليج المكسيك أو ساحل دلتا النيل فى مصر وساحل خليج البنغال فإنها تساعد على تكون الدلتا وامتداد رواسبها لمسافات كبيرة على حساب تراجع البحر.

وتأخذ الدالات أنواعا عديدة أهمها الدالات ذات الشكل المروحى arcuate deltas وهى أكثر الأنواع شيوعا، وعادة ما تتكون من رواسب خشنة مثل الرمل والحصباء، ومنها دلتا النيل ودلتا الكانج ودلتا نهر هوانجهو، والدالات الإصبعية degitated deltas وتتكون من رواسب دقيقة يتفرع خلالها النهر فى شكل قنوات قليلة التعرج بسبب شدة مقاومة الصخور الناعمة وتماسكها أمام عمليات النحت النهرى، ومنها دلتا المسيسبى، وتتكون من رواسب دقيقة يتفرع خلالها النهر فى شكل قنوات قليلة التعرج بسبب شدة مقاومة الصخور الناعمة وتماسكها أمام عمليات النحت النهرى ومنها دلتا المسيسبى.

ومن الدالات المصبية estuarine التى تأخذ شكل خليج يتسع باتجاه البحر مصبات الأنهار المغمورة submerged rivers مثل أنهار أوب فى روسيا والفستولا فى بولندا ودلتا نهر زائير، وكذلك أنهار الساحل الشرقى فى الولايات المتحدة مثل نهر ساسكوينا، ودلتا نهر الميكونج على ساحل بحر الصين الجنوبى.

المراوح الفيضية Alluvial fans وسهل البيدمونت :

عندما يجرى نهر جبلى محملا بكميات من الرواسب فى وادى ضيق بين كتلتين جبليتين نحو سهول منخفضة أو نحو قاع واد متسع فإن سرعته تتناقص بشكل فجائى مما يؤدى إلى ترسيب جزء كبير من حمولته فى شكل مروحة عند



حضيض الجبـال، كما قد تتكون بعض المخاريط الفـيضية alluvial - cones عندما يشتد انحدار الأرض نسبيا.

وقد يتـسبب بطء السرعة عن نقـص فى درجة الانحدار أو عن نقص كمـية المياه، التى تتسرب فى رواسب المروحة الأقدم.

ويبدأ النهـر فى التفرع على سطح المروحـة فى شكل قنوات متفرعـة وتبدو جوانب هذه القنوات ضعـيفة أمام عمليـات النحت، وبالتالى غالبا مـا تنهار وتتسع مقاطعها العـرضية، ويتناسب حجم المروحة (مساحتهـا) مع مساحة حوض الوادي الرئيـسية ويزداد سـمك رواسبـها باتجـاه أعالى الوادى وهى غـالبا مـا تتكون من رواسب الوادى، ولكن إذا ما حـدثت انهيارات طينية (تدفـقات طينية mudflow) فإنهـا تضيف مصدرا جـديدا ورئيسيـا لرواسب المراوح وخاصة فى العروض شـبه الجافـة، وعندما يكون هناك أكـثر من واد ينتهى بمروحـة فيضـية فإن التـحام هذه المراوح ببعضها البعض يكون سهلا رسوبيا يعرف بالبهادا Bajada (راجع بالتفصيل المؤلف، ١٩٨٣، ص ص ٨٣ ـ ٨٦). وجدير بالذكر أن المراوح الفيضـية كثيرا ما تتعرض لأخطار السيول والتى تزداد درجة خطورتها تجاه قاعدة المروحة حيث تتميز القنوات المائية التى تخترق سطحها بالضحولة بينما أقل الأخطار تحدث عند القمة، وذلك بسبب زيادة عمق القناة المائية.

شبكات التصريف النهرى Drainage Networks :

تنقسم شبكات التـصريف النهرى من خلال الشكل إلى أنماط رئيسيـة تتمثل فيما يلى :

أ ـ النمط الشجرى Dendritic pattern :

عادة ما يظهر هذا النمط فى المناطق ذات الطبقات الرسوبية الأفقية المتجانسة وفى مناطق الصخور الناريـة المعقدة، ويمثل الانحدار العـامل الرئيسى الذى يحدد اتجاه النهر وروافده مع بروز أراضٍ ما بين الأودية والروافد فى شكل نتوءات بارزة تمثل قممهـا مناطق لتقسيم المياه، وفى هذا النمط تلتقى الروافد بعـضها ببعض فى زوايا حادة.



ب ـ النمط المشبك Trills pattern :

يظهر فى مناطق تتعاقب فيها الصخور الصلبة مع الصخور اللبنية وتمتد الروافد الرئيسية متعامدة مع اتجاه النهر الرئيسى، وتمتد الروافد بفعل النحت التراجعى فى صخور ضعيفة وتبدو الصخور الصلبة متعاقبة مع الصخور اللينة بحيث تميل مع بعضها فى اتجاه واحد متعامدة مع اتجاه انحدار النهر الرئيسى، وتمتد الروافد بفعل النحت التراجعى فى صخور ضعيفة، وتبدو الصخور الصلبة فى شكل حافات escarpments أو تلال فقارية، وتمتد فى موازاة خط المضرب، بينما تمتد الروافد الثانوية فى موازاة النهر الرئيسى.

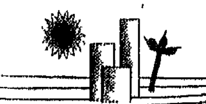
ومن أمثلة مناطق هذا التصريف جنوب شرق إنجلترا حيث تتعاقب فيها طبقات صلصالية لينة مع طبقات جيرية وطباشيرية صلبة، وتوجد كذلك فى الجزء الشرقى من حوض باريس بفرنسا حيث تعرف بأرض الحافات.

جـ ـ النمط الريشى Pinnate pattern :

يظهر ويتطور على السفوح شديدة الانحدار، ومن أنماط التصريف كذلك التصريف الشائك barbed والتصريف المستطيل rictangular. والأخير تظهر فيه آثار الصدوع والمفاصل فى أخذ النهر الرئيسى انحناءات قائمة مثلما يوجد فى شبه جزيرة إسكندنافيا.

ومن يدرس الأودية فى صحراء مصر الشرقية والنصف الجنوبى من شبه جزيرة سيناء يمكن أن يخرج بأنماط عديدة من أنماط الشبكات التى ترجع إلى اختلافات فى نوع الصخور ودرجات الانحدار وغيرها من العوامل.

وقد تم تصنيف كميات حديثة لشبكات التصريف تستخدم رتب النهر stream orders - كعنصر رئيس فى التقسيم، حيث إن أى شبكة تتكون من روافد الرتبة الأولى وهى الروافد الأقصر والأعلى منسوبا والأكثر عددا فى الشبكة. وتأتى من مناطق التقسيم متجهة نحو مناسيب أقل، وإذا ما التقى رافد من الرتبة الأولى برافد آخر من رتبته فيتكون رافد رتبة ثانية وهكذا إلى أن ينتهى الأمر بالنهر الرئيسى الذى يمثل آخر رتبة (أكبر رتبة) فى شبكة التصريف، ويوجد مقياسان هامان فى نظام شبكة التصريف يتمثلان فى :



أ ــ كثافة التصريف Drainage density :

وتأتى من خــلال قســمة مجـموع أطوال الأودية داخــل الحوض ÷ مساحة الحوض.

وتشير قيمــتها إلى مدى تقارب مجارى أو روافد الشبكة فــيما بينها، وتظهر أهمية كــثافة التصريف فى كــونها تعبر عن أثر كل من نوع الصخــر ونظامه والتربة والتضــاريس والغطاء النباتى، وتتــوقف قيمــتها على كــمية الأمطار الــساقطة على حوض التصريف ومعدلات التبخر والتسرب والنفاذية.

ب ــ تكرار المجارى :

وتقــيس النسبــة بين عدد الروافــد إلى مــساحــة الحوض بصــرف النظر عن أطوالها.

وهناك مقاييس عديدة لقياس خصــائص الحوض المساحية مثل طول الحوض وهو المسافــة الأفقيــة بين نقطة مصب الوادى وأعلى نقطة فى الحــوض، وعرض الحوض من خــلال إيجاد متــوسط عدد من القيــاسات يمثل عــرض الحوض على مسافــات متساوية، وهناك مــحيط الحوض، ويتم قيــاسه بعجلة القيــاس أو المقسم وهناك قــياسات خــاصة بالتــحليل المورفولوجى لشكــل الشبكة والحوض الــنهرى وتضرســه تنتج من خلال معــادلات وعلاقات بين الأبعــاد المختلفة التى أشــير إلى بعضها من قبل، نسوق هنا بعض هذه المعادلات كما يلى :

معامل شكل الحوض = مساحة الحوض بالكم٢ ÷ مربع طول الحوض.

وتشيــر القيم المرتفعة لهــذه العلاقة على اقتــراب شكل الحوض من الشكل المربع.

نسبــة الطول إلى العرض = طول الحــوض بــالكم ÷ عرض الحــوض بالكم. وتعنى القيم المرتفعة اقتراب شكل الحوض من الشكل المستطيل، والعكس.

ومعدل التضرس هذا يشير إلى مدى تضرس الحوض بالنسبة لطوله ونحصل عليه من المعادلة التالية :

معدل التضرس = الفــارق التضــاريسى داخل الحــوض ÷ طول الحــوض بالمتر.



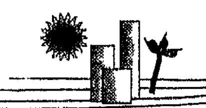
رابعا : العمليات الهوائية وما يرتبط بها من أشكال

تلعب الرياح دورا هاما فى تشكيل سطح الأرض بالمناطق الصحراوية المدارية وفى العديد من المناطق الساحلية.

وتعكس الملامح المورفولوجية التى تتركها الرياح فى تلك المناطق خصائصها من حيث السرعة والاتجاه، ولذلك فمن الضرورى عند دراسة تلك الأشكال الهوائية أن نهتم بقياس سرعة واتجاه الرياح إلى جانب الحصول على بيانات ترتبط بنظام سيادة الرياح من خلال عمل محصلة للرياح بالمنطقة المطلوب دراستها.

أولا : النحت الهوائى :

تقوم الرياح بالنحت من خلال إثارة وتذرية المواد الصخرية الجافة السائبة، حيث ترتفع الذرات فى بداية الأمر فى حركة رأسية بواسطة الدوامات الهوائية، وتظل الذرات فى المجال الهوائى فى مساراتها المحدودة، وعندما تفقد طاقتها الحركية تسقط ثانية على الأرض بسبب الجاذبية الأرضية، وقد ترتفع مرة أخرى بعد اصطدامها بسطح الأرض بطريقة القفز saltation أو تصطدم بذرات أخرى فترتفع بالاندفاع، وإذا ما كانت الرواسب ناعمة تظل عالقة فى الهواء فى شكل سحابة من الغبار قد تمتد بشكل رأسى وتتحرك لمسافة بعيدة ويظل أثرها واضحا فترة طويلة نسبيا حتى بعد انتهاء الرياح التى أوجدتها، ولكى يكون دور الرياح مؤثرا فى تحريك الرواسب لابد أن تكون الرواسب جافة وسائبة (غير متلاحمة) فبالنسبة للذرات التى تتميز بكثافتها النوعية المتجانسة نجد أن هناك علاقة مباشرة فى هذه الحالة بين حجم هذه الذرات وسرعة الرياح المطلوبة لبدء تحركها، فلكى تتحرك ذرات بقطر أكبر من ملليمتر واحد فإنها تحتاج إلى رياح شديدة السرعة عادة ما تتحرك بين عقبتين، وعموما فإن معدلات نحت الرواسب تزداد إذا ما قلت فيها نسبة الذرات التى تزيد أقطارها على ٠٠,٨٤ ملم (Cooke, R. U. etal, 19.p 55).



وبالنسبة للتلاحم cohesion بين الذرات ودوره فى مقاومة عمليات النحت بفعل الرياح نجده يحتل فى ذلك المرتبة الثانية بعد الجاذبية الأرضية وعادة ما يكون التلاحم بين الذرات الأقل من ١, ملم كبيرا، وذلك بسبب عدم انتظام شكلها مما يساعد على تلاحمها عكس الحال مع الذرات كبيرة الحجم نسبيا كالرمال.

وإذا كانت التكوينات الصلصالية شديدة المقاومة للرياح فى حالة تشبعها بالمياه نجدها عندما تجف تضعف كثيرا وتصبح صيدا سهلا للرياح، ودليلنا فى ذلك انتشار تربة اللويس الهوائية فى مناطق واسعة من العالم.

ومن العوامل الأخرى التى تحد كثيرا من قدرة الرياح على النحت ما يعرف بخشونة السطح surface roughness واتساعه، فكلما زادت خشونة السطح زادت مقاومته للرياح وعمل فى نفس الوقت على التأثير على حركة الرياح وسرعتها.

ويعتبر النبات كذلك من المتغيرات التى تؤثر على طبيعة النحت الهوائى فى أشكال عديدة، فنسبة الغطاء النباتى إلى المساحة الكلية لمنطقة ما تتحكم فى المسطح من الأرض المعرض للنحت، بمعنى آخر كلما زادت هذه النسبة قلت المساحة المكشوفة التى يمكن للرياح أن تؤثر فيها، إلى جانب ذلك يزيد النبات من خشونة السطح وبالتالى يقلل من كفاءة وفعالية النحت الهوائى وخاصة مع ما يقوم به من خلال مجموعة الجزرى من تماسك للرواسب.

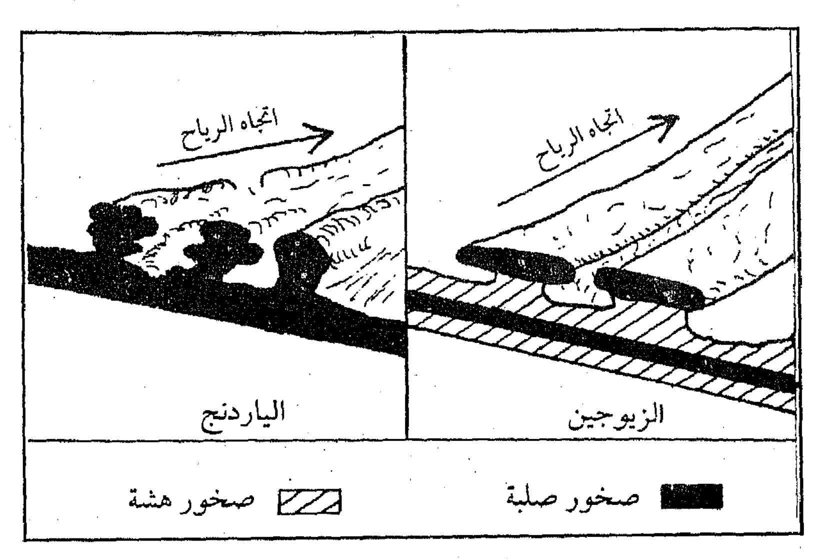
الظاهرات الناجمة عن النحت بفعل الرياح :

تتمثل أهم هذه الظاهرات فيما يلى :

أ ـ الأرصفة الصحراوية Desert bavements :

تظهر الأرصفة الصحراوية فى شكل مناطق متسعة وشبه مستوية، يغطى سطحها بطبقة رقيقة من الرمال الخشنة المختلطة بالرمال الناعمة، يدل وجود هذه الرواسب بهذه الصورة المختلطة على أثر النحت الهوائى، فقد لاحظ باجنولد Bagnold من إحدى تجاربه المعملية تركز المواد الخشنة على سطح رملى تعرض لتيار هوائى، حيث اندفعت الرمال متوسطة الحجم (٣, ٠ملم) أمام الرمال الخشنة، بينما استقرت الرمال الناعمة محتمية بين الذرات الخشنة (أكبر من ٥, ٠ ملم) والأخيرة تحتاج بدورها لرياح قوية تدفعها أو تحركها.

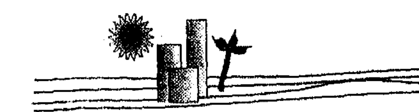
تعرف هذه الأرصفة فى المناطق الصحراوية الحارة بأسماء مختلفة مثل السرير فى ليبيا والرق فى الجزائر والجبير فى أستراليا وفى مناطق كثيرة تظهر أرصفة مكونة من أسطح متماسكة خالية من الرواسب، وتبدو أسطحها مصقولة بفعل حبيبات الكوارتز التى تحملها الرياح، وكثيرا ما تظهر تحززات طولية تمتد فى موازاة اتجاه الرياح السائدة وفى موازاة بعضها البعض ويبدو الأندسكيب الطبيعى فى شكل أخاديد طولية trenches تفصلها حافات يطلق عليها الياردنج شكل (٢٠).



شكل (١٩)

ب - الكدوات Hummocks :

تلال مستطيلة الشكل من نتاج التعرية الهوائية وتبدو فى الطبيعة فى شكل تلال مستطيلة ومنخفضة ذات قمم شبه مستوية وجوانب شديدة الانحدار، وتمتد هذه التلال المنخفضة (لا يزيد ارتفاعها على بضعة أمتار) فى موازاة بعضها البعض وفى موازاة الرياح التى كونتها، وقد نتجت عن هبوب الرياح فى منطقة ترسيب فيضى فى بطن وادٍ صحراوى، وما الكدوات سوى الأجزاء المتبقية من سطح فيضى سابق ساعد على بقائها متماسكة وجود بعض الشجيرات والنباتات داخلها وكانت هذه النباتات موجودة قبل عملية ترسيب السهل الفيضى نفسه.



ومن مناطق انتشار الكدوات فى مصـر شمال سهل باريس وجنوب المحاريق فى الواحات الخارجة وفى منخفض الريان وبعض المناطق المتفرقة.

وتظهر الكدوات فى سهل باريس فى مواضع كثيرة على طول امتداد الطريق الأسفلتى حيث تظهـر تحززات واضحة فى التربة الصلصاليـة، إذ وجد العديد من الكدوات تمتـد فى صفـوف طولية فى مـوازاة بعضهـا البعض وفى مـوازاة الرياح الشماليـة السائدة، تظهر فيهـا بعض النباتات والشجيرات التـى كانت بمثابة النويات التى ترسبت عليـها وحولهـا الرواسب الصلصاليـة القديمة وعمـلت على تماسكها ومقـاومتها النـسبية لعـمليات النحت الهوائـى (صبرى محـسوب، ١٩٩٢ ص ص ١٧٤، ١٧٥).

جـ - الصخور الارتكازية Pedestal rocks:

تتكون من طبقـات صلبة متمـاسكة من الحجر الجـيرى تتعاقب مع طبـقات صلصالية لينة، حيث تتعرض الصخـور الصلبة للانهيار بينما يحدث برى وتقويض ريحى للتكوينات الصلصـالية الهشة، وتظهـر مثل هذه الملامح فى مناطق مخـتلفة من الصـحارى المصريـة، وهى فى وجودها تمثل بقـايا متـبقيـة من أسطح تحـاتية قديمة.

ء - أحواض التذرية Deflation basins:

تظهر فى شكل حفر تتراوح أقطارها بين عدة أمتار ونحو الكيلو متر، وتظهر هذه الحفر فى مناطق ذات مناخ جاف خاليـة من النباتات، وإذا ما سقطت الأمطار قد تتكون داخلهـا بحيرات أو برك وبعد تبخـر مياهها يجف القاع الطـينى ويتشقق إلى كـريات صغـيـرة من الطين الجـاف لا تتمـكن الرياح من إزالتـها (أبو العـز، ١٩٧٧، ص ٢٢٢).

وتسمى حفـر التذرية فى صحراء منغوليا بالبـانج كيانج bang - kiang وهى عبـارة عن أحـواض كبيـرة المسـاحة تكونت وسط رواسب رمليـة، يبلغ متـوسط أقطارها أكثر من سبعة كيلو مترات مع أعماق تتراوح ما بين ٦٠ إلى ١٠٠ متر.



كذلك تظهر حفر أو أحواض التذرية فى ولاية كاليفورنيا الأمريكية وجنوب وسط ولاية أوريجون وهى أحواض واسعة ضحلة وإن كان عمق بعضها يصل إلى أكثر من ١٥ مترا، وأقصى مساحة لأى حوض لا تزيد على كيلو متر مربع واحد، وتظهر فى قيعانها رواسب بحيرية جافة، وتعد الرياح من العوامل الرئيسية التى ساعدت فى حفر المنخفضات الصحراوية الضخمة بالصحراء الغربية وخاصة خلال فترات الجفاف التى تفصل بين فترات المطر البليستوسينى (راجع بالتفصيل كتاب الصحراء الغربية للمؤلف، ١٩٩٢).

هـ ـ الحصى الهوائى Ventifacts :

عندما تزيل الرياح الرمال الدقيقة من فوق سطح الأرض الصخرى، فإنها تترك تكوينات حصوية خشنة بأخذ بعضها الشكل الهرمى driekanter وبعضها ذو حافة حادة تمثل تقاطعا بين وجهين تسمى eikanter وتشبه ثمرة البندق البرازيلى، ويعتقد البعض أن هذه الأشكال الحصوية هى نتاج عمليات النحت بفعل الرياح، وإن كان البعض الآخر يتشكك فى ذلك ويرجعها إلى عمليات التجوية وخاصة الميكانيكية التى تسود فى المناطق الصحراوية الحارة (Derbyshire, E. etal, 1979).

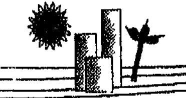
النقل بفعل الرياح :

تنقل الذرات الدقيقة (الغبار) بواسطة التعلق بينما تنقل الذرات الخشنة على طول سطح الأرض بواسطة القفز.

وترتبط قدرة الرياح على نقل الحبيبات بسرعتها واضطرابها، فالرياح الهادئة يمكنها نقل الغبار بالتعلق ويمكن للنسيم الخفيف light breeze أن يدحرج الرمال الناعمة، أما النسيم القوى بسرعة ٢٠ مترا فى الثانية فيمكنه نقل حبيبات ذات أقطار تصل إلى ملليمتر واحد، أما الزوابع gales والهريكين فإنها تستطيع حمل الرمال بالتعلق لارتفاعات تصل إلى مئات الأمتار، ويمكنها أن تدحرج حصى يتراوح قطره ما بين ٥ إلى ٧سم، وهكذا نرى أن حمولة الرياح ترتبط أساسا بالسرعة (Allison, I, p 373).

أ ـ النقل بواسطة التعلق Suspension :

تنقل الرياح الذرات الدقيقة حيث يسهل عليها أن ترفع ذرات الغرين



والصلصال فى الهـواء لتظل عالقـة بالهواء فتـرة طويلة قبل أن تتـساقط ببطء على الأرض، خاصـة فى ظروف المناخ الجـاف حيث يمكنهـا ذلك من التحـرك عالـقة لمسافات طويلة، يعمل الشكل المفلطـح للحبيبات platy shape على مساعـدتها فى الحركة والتعلق بالهواء لأطول فترة ممكنة.

وجدير بالـذكر أن الحمـولة العالقـة تمثل جزءا مـحدودا من حمـولة الرياح الكليـة وإن كانت هناك اسـتثناءات فى منـاطق ترسيب المواد الناعـمة عند نهـايات الأودية الجليدية glaciens والتى يسهل نقلـها بالرياح فى صورة عـالقة إلى مناطق بعيدة، وقد تم نقل كميات ضخمة من الأتربة العالقة خلال البليستوسين وتراكمت فى شكل رواسب ترابية دقيقة وهى المعروفة بتربة اللويس وذلك فى مناطق واسعة من أوربا وشمال الصين (Statatham, 1, 1979. P 145).

وقد أظهرت الدراسات التجريبية أن الذرات الأقل من ٠,٠١ ملم يمكن أن تتـحرك بالتـعلق، ويرى Bagnold أن السـرعة المـطلوبة لتـحريك المواد النـاعمـة (٠,٢٥ ملم) تقدر ب ٢٠ سم/ ثانية.

ب ـ النقل عن طريق القفز Saltation:

تتحرك الرمال قرب سطح الأرض بطريقة القفز، وعندما يكون حجمها كبيرا يصعب نقلها بهذه الطريقة ويتم تحريكها ببطء عن طريق الزحف creeping.

ويتم القفز غالبا بتحرك الذرة إلى أعلى فى وضع رأسى بمساعدة الرياح التى تجرها فى حركة دائرية لتمتد بين لحـظة وأخرى متوازية مع التيار، وذلك فى حالة التـوازن بين السرعـة والجـاذبية، وعـادة لا يزيد الارتفـاع على المتر الواحـد وفى حـالات نادرة يصل إلى متـرين* وقد أكـدت القيـاسات الحقليـة أن معـدل حجم الحبيبات يتزايد مع الارتفاع وذلك فى الجـزء الأسفل من السحابة الرملية فى حالة هبوب رياح قـوية، وربما يرجع ذلك كمـا رأى باجنولد Bagnold إلى قوة تـصادم الحبات الكبـيرة بسطح الأرض مما ينعكس على ارتفاعـها فى الهواء (Warren, A., 1979. P 332).

* فى حالة هبوب رياح قوية وسريعة جدا.



وتكون عملية القفز فوق سطح رملى أبطأ منها فوق سطح صخرى صلب ومتماسك، حيث يعطى تصادم الحبات بالسطح الصلب المتماسك قوة دفع أكبر، وقد أوضحت التجارب المعملية أن معدل نقل الرمال يتناسب مع سرعة الرياح، بالإضافة إلى عوامل أخرى مثل الحجم والكثافة النوعية للذرات وكثافة الهواء (التى تتباين مع الارتفاع فى المنسوب والاختلاف فى درجات الحرارة).

وعموما تزداد كميات الرمال المتحركة مع الرياح السريعة مع ملاحظة أن الرياح المتوسطة السرعة والتى تسود فترة طويلة من السنة يمكن أن تسهم فى نقل كميات كبيرة من الرمال.

الإرساب بفعل الرياح :

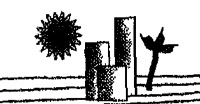
عادة لا تتم حركة الرمال وترسيبها فى المناطق الصحراوية بشكل عشوائى، ولكنها توجد فى أنماط محددة ترتبط بالرياح أكثر من ارتباطها بالمظاهر التضاريسية (الطبوغرافيا).

وجدير بالذكر أنه لابد لكى نتفهم الأشكال الإرسابية الهوائية وخاصة الكثبان الرملية sand dunes أن ندرس عدة عناصر مرتبطة بها يتمثل أهمها فى أسطح المناطق الواقعة بين الكثبان والتى عادة ما تغطى برواسب رملية تخفى تحتها التكوينات الحصوية الخشنة، فالعلاقة بين اتجاه الرياح وقوتها من جهة وكميات الرمال المنقولة من جهة أخرى ذات أهمية كبيرة فى تفسير خصائص الكثبان من حيث الشكل وكيفية التكوين.

وأهم ظاهرات الإرسارب الهوائى :

أ ـ التموجات الرملية أو نيم الرمال Sand - ripples

تعد التموجات والحافات الرملية من الأشكال الرملية صغيرة الحجم التى تنشأ عن عملية ترسيب سريعة فوق سطح يتميز بالاستواء النسبى، ويعتمد طول الموجة على قوة الرياح، كذلك تعتمد النسبة بين الارتفاع وطول الموجة على اتساع مسطح التموج fetch، وعادة ما نجد ناتج هذه النسبة محدودا للغاية فى حالة الرمال المتجانسة الحبيبات ويزداد مع تزايد أحجامها.



ورغم نمو هذه التمـوجات فى محاور تمتد مع اتجـاه الرياح السائدة إلا أننا لا نعتبرها كثبانا رملية.

توجد أربعة عـوامل تؤثر فى ارتفاع وفى طول التموجات والحـافات الرملية تتمثل فى :

١ ـ الرياح التى تعد القوة المحركة لعملية قفز الحبيبات.

٢ ـ حجم الحبيبات السطحية.

٣ ـ تضاريس المنطقة.

٤ ـ حالة حركة الرمال.

وقد وجد أنه مع التمـاثل فى حجم الحبيبات الرمليـة فإن طول الموجة يزداد مع تدرج الرياح فى السرعـة، بينما يستوى سطح التـموج ويختفى عندمـا تتجاوز الرياح فى سرعتها حدا معينا كما يتضح ذلك من الجدول التالى رقم (٣).

العلاقة بين سرعة الرياح وطول الموجة فى نيم الريح

سرعة الموجة سم/ثانية	١٩,٢	٢٥	٤٠,٢	٥٠,٥	٦٢,٥	٨٨
طول الموجة سم	٢,٤	٣	٥,٣	٩,١٥	١١,٣	—

عن باجنولد.

ويرى باجنولد أن التمـوجات العرضـية فى الرمال ترتفع بسـبب عدم توقف انسياب الـرمال حيث يتماثل طـول موجتها مع مـتوسط طول المسافة التى تقـطعها الحبيبات القافزة عند اصطدامها بالسطح، ولذلك يطلق على هذا النوع من النيم أو التموج نيم التصادم impact ripples.

ويتراوح مـعامل التـموج ripple index (النسـبة بين طول مـوجة التـموج وارتفـاعه) مـا بين ١٥ ـ ٢٠ مـترا يـزداد إلى ما بين ٥٠ ـ ٦٠ مـتـرا مع تسطح



التموج بهبوب رياح شديدة، وقد لاحظ شارب Sharp من دراسته للرمال بصحراء «موهافى» أن هذا العامل يتجه عكسيا مع حجم حبة الرمل ويرتبط مباشرة بسرعة الرياح (صبرى محسوب، ١٩٨٤، ص ١١٨).

ب ـ الكثبان الطولية Longitudial Dunes :

تعرف كذلك بالسيوف الرملية وتنتشر بشكل كبير فى الصحارى المدارية الحارة فى مصر وليبيا والجزائر والجزيرة العربية وصحراء الأريزونا الأمريكية وغيرها.

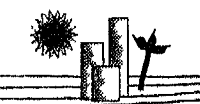
وعادة ما تظهر فى السهول شبه المستوية المغطاة برواسب رملية مفككة على مساحة واسعة.

يرى باجنولد Bagnold أن هذه الأنماط من الكثبان الرملية قد تكونت نتيجة لحدوث تيارات هوائية لولبية helicoidal تقترن برياح قوية تهب بشكل دائم من اتجاه محدد مع امتداد محاورها فى محازاة هذه الرياح، وقد أكد كذلك أن الرياح الجانبية تحول الشكل البرخانى (الهلالى) إلى كثيب طولى وذلك بالعمل على إطالة أحد القرنين، وبذلك يصبح الشكل النهائى للكثيب محصلة لرياح ثنائية الاتجاه.

وقد أكد كل من ماكى McKee وتبت Tibbitt هذه النظرية وذلك من خلال دراستهما للكثبان الرملية جنوب غرب ليبيا، ويؤكد هولمز Holmes رأى باجنولد أيضا، حيث يرى أنه عند هبوب الرياح من اتجاه ثابت وقدوم رياح جانبية قوية متقاطعة معها تتكون سلسلة من الكثبان الطولية فى شكل حافات مسننة تمتد موازية للرياح السائدة، ويضرب مثالا على هذا الكلام من سلسلة كثبان غرد أبا المحاريق بالصحراء الغربية والتى تفصل بعضها عن بعض سطوح صخرية عارية عادة ما تكون المسافات متماثلة بينها ربما بسبب ثبات التيارات الهوائية الاهتزازية.

جـ الكثبان الهلالية :

تأخذ الشكل الهلالى ويطلق عليها اسم برخانات وهو الاسم الشائع عالميا، والشكل العام له عبارة عن كثيب هلالى الشكل له جانبان ينحدران فى اتجاهين متضادين الجانب منها المواجه للرياح الرئيسية يسمى جانب الكساح بسبب تعرض رماله للاكتساح بسبب هبوب الرياح، أما الجانب الثانى فهو جانب الصباب ويتجه نحو منصرف الرياح، وعندما يكون هذا الجانب مستقيما تنهال عليه الرمال وتصل

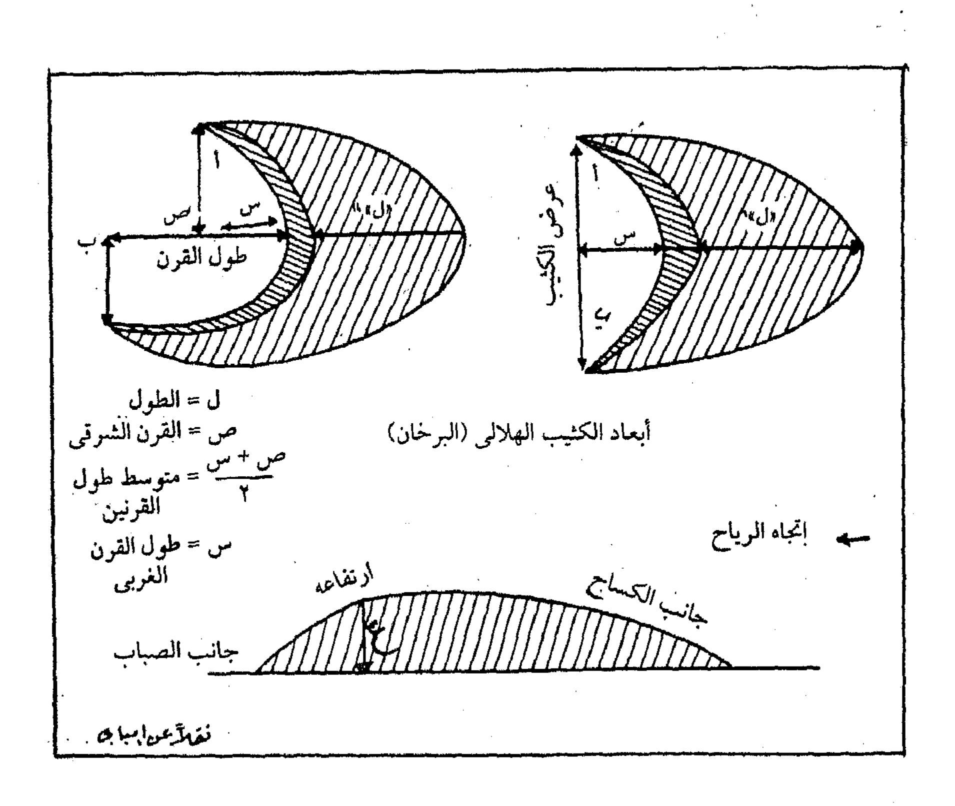


زاوية انحداره مـا بين ٢٠ ـ ٣٠°، وقد سـمى بالصباب؛ لأن الرمـال تبدو وكـأنها تصب فـيـه (إمبـابى وعـاشـور، ١٩٨٢، ص ٧١) ويتكون للكثـيب الهـلالى أو البرخان قرنان horns أو جناحان يشيران إلى اتجـاه منصرف الرياح السائدة، وهما يلتقيان فى نمط مقـوس عند منتصف حضيض الصباب، كما أنهـما ينتهيان بأطراف مدببة يختلف وضوحها من كثيب إلى آخر.

١ ـ أبعاد الكثيب الهلالى ما يلى كما يتضح ذلك من الشكل (١٨)

ـ **المحور الطولى للكثيب** = المسافـة ما بين منتصـف الكساح على طول خط يمتد إلى قمة الكثيب مستمرا فى الهبوط على سفح الصباب.

ـ **عرض الكثيب** = المسافة ما بين طرفى الكثيب الهلالى.



شكل (٢٠)

ويمكن حساب كثافة الكثبان الرملية فى أى منطقة من خلال حساب عددها ـ بصرف النظر عن الحجم ـ على مساحة منطقة معينة فى الكيلو متر المربع أو الفدان إلخ.

٢ ـ عوامل تكون الكثبان الهلالية :

تتمثل أهم عوامل تكون هذه الكثبان فيما يلى :

- هبوب رياح قوية من اتجاه واحد unidirectional wind على مدار العام.
- رصيف صحراوى صلب متسع ومنتظم وقليل الانحدار.
- توافر كميات كبيرة من الرمال.

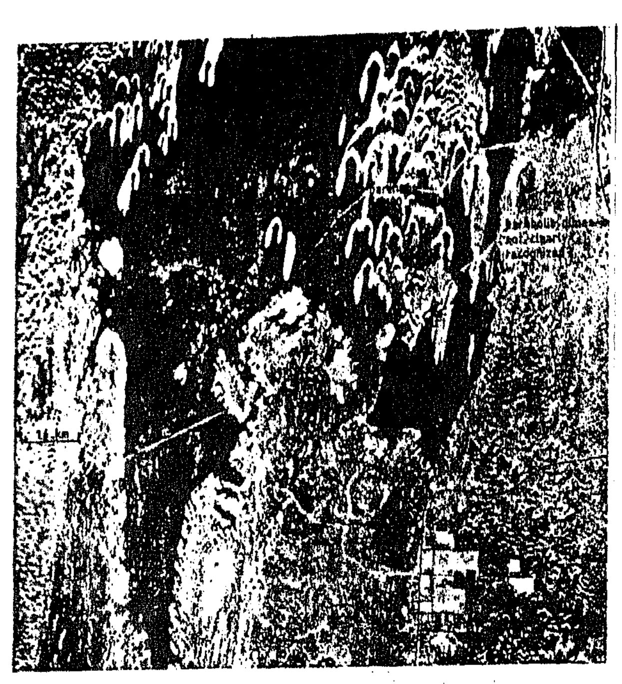
وتختلف الكثبان الهلالية فى أحجامها وأبعادها الأخرى، فقد يتراوح الارتفاع ما بين خمسة أمتار، و١٥٠ مترا ويتراوح العرض ما بين خمسة أمتار و٤٠٠ مترا أو أكثر.

ويبدأ ظهور البرخان بتكون كومة رملية تزداد ارتفاعا حتى يستقر الوجه الظاهر للرياح (الصباب) مع حدوث إطالة مستمرة للقرنين، وقد يزداد طول أحدهما عن الآخر مما يشير إلى هبوب رياح غير منتظمة، وقد يكون السبب عدم انتظام كميات الرمال المضافة إلى قمته أو بإزالة الرمال من أقدام الجانب المظاهر للرياح إلى أن يصل انحداره إلى ٣٤ درجة (زاوية الاستقرار).

أما جانب الكساح فيتعرض للنحت بشكل أكبر مع تحرك هذه الرمال واستقرارها بشكل مباشر خلف القمة حيث يهبط تيار هوائى ويتجاوز الانحدار زاوية الاستقرار حينئذ تنزلق الرمال إلى أسفل مكونة ما يعرف بوجه الانهيار slip - face . راجع الصورة رقم (٥) التى تبين مستعمرة كثيبية قرب إحدى السبخات الصحراوية شرقى الجزيرة العربية.

وعادة ما تختلف سرعة البرخانات النشطة باختلاف أحجامها وأشكالها ومواقعها، ويعتبر وجه الانهيار بشكل عام من أكثر العوامل أهمية فى التأثير على حركة الكثبان الهلالية، ومع ذلك يجب عدم تجاهل أثر كل من نظم الرياح وكميات الرمال والطوبوغرافيا والغطاء النباتى.





صورة رقم (٥)

وإلى جانب الأشكال الرملية الرئيسية السابقة توجد أشكال أخرى عديدة مثل الكثبان العرضية transverse dunes التى يقل وجودها[١]، وإذا ظهرت فتبدو فى شكل سلسلة تتميز قمتها بالاستدارة وتمتد فى موازاة بعضها فى خطوط مستقيمة متعامدة على اتجاه الرياح السائدة، وتتراوح أطوالها ما بين ٨ إلى ٥٠ كيلو متر وارتفاعها ما بين ١٦٥ و ٢٧٠ مترا، وتشبه قممها قمم البرخان وتظهر بها بعض الحفر الناتجة عن الدوامات الهوائية.

ومن الكثبان الرملية أيضا الكثبان النجمية oghurd وتبدو ذات قمم مدببة وأذرع ممتدة شديدة الانحدار، وربما يرجع تكونها إلى تغير اتجاه الرياح وربما تكون قد نتجت من التحام كثبان رملية صغيرة بكثبان أكبر حجما.

وتوجد كثبان رملية وليدة يندر أن يتجاوز ارتفاعها ثلاثة أمتار، وقد تقل عن نصف المتر أحيانا تعرف بالنباك وتتشكل عندما تعترض الرياح المحملة بالرمال عقبة ما تتمثل غالبا فى النباتات[٢]، وتبدو النبكة ككثيب هرمى الشكل تمتد قمته نحو

(١) قد تظهر فى المناطق الصحراوية الخالية من النباتات.
(٢) راجع بالتفصيل (عبد الحميد كليو وإسماعيل الشيخ، ١٩٨٦).

منصرف الرياح مع ميل طبقاته بعيدا عن قمته فى اتجاهين مائلين عليها، ومع ذلك فقد تأخذ أشكالا أخرى مثل الشكل القبائى أو المدبب أو البيضاوى، كما أنها كثيرا ما تتخذ أشكالا غير محددة المعالم، ورغم تعـدد أشكال النباك إلا أنها جميعا تتميز بامتداد محاورها فى موازاة الرياح السائدة مع تغطية الجـزء الأكبر منها بنباتات البيئة الساحليـة، ويتمثل دور النبات فى إعـاقة الرياح المحملة بالرمـال والأتربة وبالتالى خفض سـرعتها بحـيث تفقد جزءا كـبيرا من طاقـتها، مما يؤدى إلى تصيـد الرمال وترسيبها خلف العائق النباتى الذى يمثل عنصر الخشونة على السطح.

خامسا : العمليات الساحلية وأهم الظاهرات الناجمة عنها

النظام الساحلى :

يعـد السـاحل من النظم المفـتـوحـة open system ولذلك فـإن حـدوده الجيومورفولوجية يصعب كثيرا تتبعها وتحديدها.

ويظهر من الشكل رقم (٢٢) بعض الحدود المتاحة فى سـاحل متعرج، وفيه نجـد أن حده البـحرى (تجـاه البحـر) ينطبق مع بداية دخـول الأمواج فى منطقـة الشاطئ البعيد off shore أما حده القارى فيتمثل فى نهاية آخر خطوط كثبان رملية ساحلية - إن وجدت - ويمكن الاعتداد بحد آخر للنظام الساحلى فى منطقة الرأس الأرضية متمثلا فى خط تقسيم المياه الذى يمتد فوقها.

تتمثل المدخلات inputs من الطاقـة للنظام السـاحلى فى الرياح والأمـواج والمد والجزر وحركـة الإزاحة على طول الشاطئ longshore drift والأخيرة تنتج عن التفاعل بين المدخلات الرئيـسية للطاقة وطوبوغرافية السـاحل الموضعية، وكل هذه المدخلات تحتوى على طاقة حركـية،إلى جانب أن الأمواج والمد والجزر تحتوى على طاقة كـامنة أيضا، يضـاف إليها الطاقـة الحركيـة من الجريان النهـرى إذا كان موجودا فى النظام الساحلى.

وتعتبـر الرمال القادمة مع ميـاه الأنهار من المدخلات الرئيسـية لبعض النظم السـاحلية حـيث تأتى من أحواض هذه الأنـهار إلى السـاحل وتترسـب فى العـادة خلف خط الأمواج، وقـد تتحرك هذه الرمـال أثناء الجشنات البـحرية surges من

مستوى الموجة
تيار إزاحة الشاطئ
رأس أرضية
خليج
رواسب من الشاطئ البعيد
طاقة مدية
تيارات مدية
شاطئ رأس خليج
رأس أرضية
شاطئ سافية من الرياح
سرعة النهر
خلف الكثبان الساحلية

النظام الساحلى فى صورة مبسطة

شكل رقم (٢١)

منطقة الشاطئ البعيد حتى خط الشاطئ shore line وإن كانت أقل الآن بالمقارنة بالماضى، وتمثل الرواسب التى تأتى بها حركة الإزاحة على طول الشاطئ المدخل input الرئيسى الثالث للرواسب فى النظام.

أما ما يخرج من النظام الساحلى out put من طاقة فهى تشبه المدخلات، وذلك لأن معظمها فى صورة طاقة حركية، فالتيارات المدية والأشكال المختلفة لفعل الأمواج تحول خلايا النظام وخارجه، وكذلك الرياح تسفى الرمال من الشاطئ وغالبا ما ترسبها بعيدا فى الداخل.

عوامل تشكيل السواحل :

أ ـ الأمواج :

تتكون الأمواج عن طريق الجر الاحتكاكى frictional drag بين الغلاف الجوى من جانب وسطح مياه البحار من جانب آخر، حيث تهب الرياح فوق سطح المياه، وإن كانت طريقة انتقال الطاقة من الهواء إلى الماء وكذلك كيفية تولد الأمواج wave generation مازالت غامضة فى كثير من جوانبها حتى الآن.

وتوصف الأمواج من خلال أبعادها (الارتفاع وطول الموجة وفترتها)، يقصد بارتفاع الموجة المسافة الرأسية بين قمتها وقاعها، وعادة ما تتساوى هذه المسافة الرأسية مع قطر المدار الدائرى لجزيئات المياه داخل الموجة قبل وصولها إلى المياه الضحلة واحتكاكها بالقاع وتغير شكل الجزيئات داخلها.

أما طول الموجة فيقصد به المسافة بين قمتين متتاليتين، وبالنسبة لفترة الموجة فهى عبارة عن الوقت الذى يستغرقه مرور قمتين متتاليتين على نقطة ثابتة.

وتتميز الأمواج بعد خروجها من منطقة تولدها فى المياه المفتوحة بقمتها المستديرة مع حركة جزيئات الماء داخلها فى مدار دائرى بحيث تتحرك فى أعلاه نحو الأمام فى اتجاه حركة الموجة وأسفله نحو الخلف ـ تجاه البحر ـ وإن كانت السرعة أعلاه أكثر قليلا من السرعة الخلفية، وحركة الأمواج فى الحقيقة حركة اهتزازية، فبينما تتحرك الموجة إلى الأمام ظاهريا فى شكل سلسلة متتابعة أو ما يعرف بقطار الأمواج wave train فإن الماء بداخلها لا يتحرك بهذه الكيفية، فالموجة باختصار تنقل الطاقة ولكنها لا تنقل المادة The wave transimit energy not matter.



وما يميز الأمواج كذلك أنها ترتبط بسطح الماء فقط وتعد بالتالى من ملامحه الرئيسية ولا تصل إلى الأعماق البعيدة.

ويوجد نوعان واضحان للأمواج : النوع الأول ـ يطلق عليه أمواج البحر sea - waves وهى التى تتولد داخل منطقة تولد الأمواج فى خليط مضطرب ومتباين الأبعاد، والنوع الثانى ـ ما يعرف بالأمواج المحيطية أو العادية swell* وترتبط قوة الرياح وسرعة تولد الأمواج بمساحة منطقة التولد وامتداد طول المسافة التى تهب فوقها الرياح المولدة للأمواج، حيث تزداد الطاقة المنقولة كلما زاد طول هذه المسافة fetch.

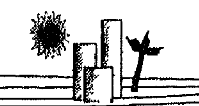
وتأخذ طاقة الأمواج شكلين: الطاقة الكامنة ـ ونقاس بارتفاع الموجة فوق سطح الماء، والطاقة الحركية ـ ويتضمنها المدار الدائرى لجزيئات الماء داخل الموجة orbital motion، أما الطاقة الحركية فإنها تحول إلى حركة للمياه فوق الشاطئ الرملى beach وكذلك تتحول إلى حركة للرواسب فوق الشاطئ بعد توزيعها بتكسر الموجة.

ويمكننا تمييز السواحل ذات الطاقة المرتفعة والأخرى ذات الطاقة المنخفضة من خلال ما يطرأ على الأمواج من تغييرات عند اقترابها من المناطق بقممها التى تضيق بشكل واضح بالاتجاه نحو الساحل عند لحظة تكسرها، ويحدث عكس ذلك على السواحل منخفضة الطاقة.

ويعد انحراف الأمواج المقتربة wave refraction السبب الرئيسى فى تركيز طاقتها، فعندما تقترب الأمواج بميل obliquely على طول المنطقة الشاطئية الضحلة يعنى ذلك احتكاك قاعها بالمظاهر الطوبوغرافية الغارقة كالحافات وغيرها مما يؤدى إلى زيادة انحرافها وتضييق قممها حيث تتركز قوتها على الرءوس الأرضية head lands، وذلك لأن المياه العميقة نسبيا أمام هذه الرءوس تسمح بوصول أكبر طاقة تتكسر على الرأس، وعلى العكس من ذلك نجد الخلجان مناطق طاقة منخفضة، حيث تمثل مناطق ساحلية محمية.

(*) تتميز أمواج البحر بارتفاعها الكبير وطولها القصير وفترة تردد قصيرة مع تميزها بالتحدر stepness الشديد (الارتفاع إلى الطول).

أما الأمواج المحيطية فهى أمواج قبابة منخفضة طولها كبير وأقل فى تحدرها وأقل قدرة على النحت من الأولى.

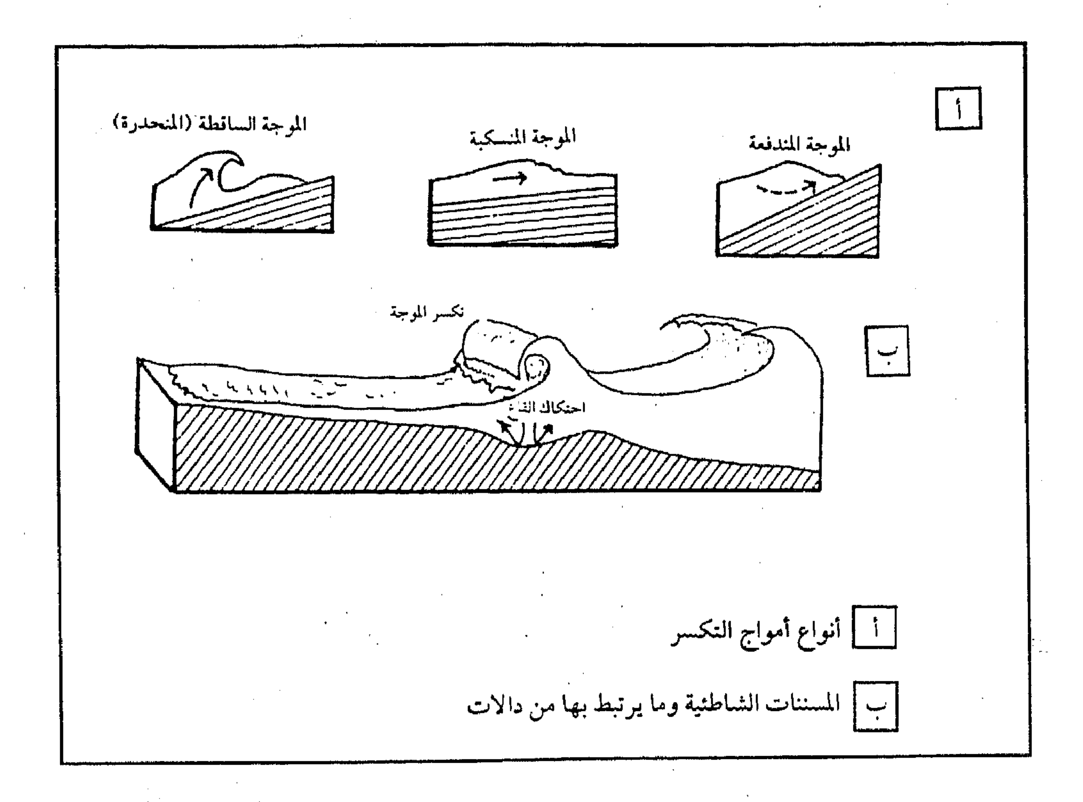


أما عن حركة الرواسب على الشـاطئ فإنها فى الحقيقة عمليـة معقدة للغاية وتتسبب أساسا عن الأمواج والتيارات والتفاعل بينهما.

وتوجد ثلاثة أنواع لأمواج التكسر Berakers (شكل ٢٠) :

١ ـ النوع الساقط أو شديد الانحدار plunging - breaker :

تتميز بقمتها الحادة وانحدارها الشديد (الرأسى تقريبا)، ويحدث عند تكسرها خروج الطاقة بشكل عنيف مما يؤثر على صخـور الشاطئ الذى يتعرض لها والذى يتميز بانحداره (راجع بالتفصيل للمؤلف جيومورفولوجية السواحل).



شكل (٢٢)

* يعنى الانحراف تغير فـى الاتجاه مع تغير فى السرعة من انتقـالها من المياه العميقة إلى المياه الضحلة واحتكاك مدارها الدائرى وصخور الشـاطئ وتحوله من المدار الدائرى إلى المدار البيضاوى حيث ترتفع قمـتها وتضيق ويقصر طولها وتتجاوز سرعة جزيئات الماء سرعة الموجة نفسها.

٢ ــ النوع الثانى الأمواج المنسكبة spilling breaker :

تأتى إلى سواحل متدرجة وتعد من الأنواع البانية والتى تنتشر طاقتها عند تكسرها على مساحة واسعة مما يؤدى إلى تشتتها وضعفها وعادة ما يصاحبها رغاوى foams، وفقاقيع وذلك لخروج الهواء منها عند تكسرها على الشاطئ المنخفض.

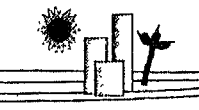
٣ ــ أمواج الجشنات البحرية surging:

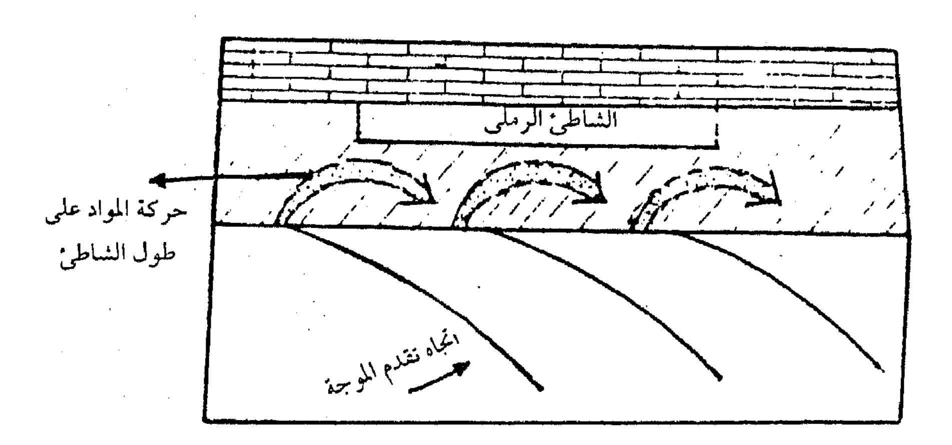
لا تتكسر هذه الأمواج بطريقة الأمواج السابقة، ولكنها عند تكسرها تنهار وتسبب اندفاع المياه نحو الشاطئ وينتج عنها غمر للسواحل التى تتعرض لها وتدمير للمنشآت الساحلية، ويصحب تكسرها انتشار كميات كبيرة من رغاوى البحر مثل النوع السابق.

وعندما تتكسر الأمواج فإنها تقذف بالرواسب العالقة، ويمكننا أن نلاحظ ذلك على أى شاطئ يتعرض لتكسر الأمواج عليه.

وكما هو الحال فى الأنهار فإن الرواسب هنا تنقل كحمولة قاع bed load وبطريقة التعلق والقفز، وتزداد كميات الرواسب العالقة فى منطقة تكسر الأمواج فى منطقة تقدم الأمواج على الشاطئ swash، وذلك بسبب ما يصاحب حركة الأمواج من اضطراب ودوامات مائية تثير رواسب القاع الضحل، خاصة عندما تتقابل حركة تقدم الأمواج مع حركة تراجع الأمواج السابقة، وطبقا لما ذكره «كومر» Komar فإن الحمولة العالقة تقل فى الموجة المتكسرة ربما بسبب عدم وصولها إلى القاع لتثير الرواسب إلى جانب استخدام طاقتها الممتصة بواسطة الماء فى عملية التكسر، كما أن الاضطراب والدوامات أقل منها بالمقارنة بمنطقة التكسر surf zone حيث يتم نقل الحمولة هنا من خلال التحرك على القاع أو بالقرب منه (شكل ٢١).

وتنقل كميات كبيرة من الرواسب فى الشاطئ القريب near shore بواسطة تيار الإزاحة الشاطئى، وهذا يتم نتيجة لاقتراب الأمواج إلى الشاطئ بشكل منحرف وفى صورة مياه إضافية تتحرك على طول الساحل بعيدا عن خط الأمواج المقتربة، ويتم تحريك الرواسب بواسطة تيار الإزاحة الطولى فى حالة ما إذا كانت





حركة الإزاحة على طول الشاطئ

شكل رقم (٢٣)

سرعته قرب القاع كافية لبدء تحرك الرواسب وهى فى ذلك تتضافر مع الأمواج، حيث إنه عندما تزداد سرعة جزيئات الماء بالمدار الدائرى بالموجة عند احتكاكها بسطح الشاطئ تبدأ مرحلة تحرك الرواسب، أما إذا ما حدث تقدم وتراجع للموجة فقط فإنه فى هذه الحالة لا يحدث تحرك للرواسب الشاطئية.

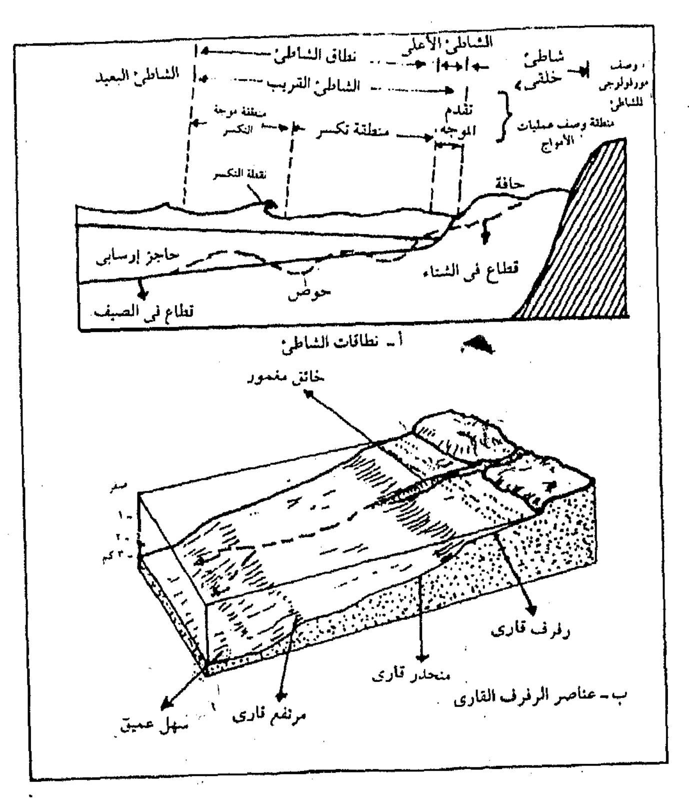
والواقع أن ما ذكر آنفا من تداخل عمليات نقل الرواسب على الشاطئ يعد من الأسباب الحقيقية وراء تعقيدها وصعوبة تفهمها.

ب ـ المد والجزر High - tide - and - low - tide

المد والجزر: حركة تنتاب مياه البحار والمحيطات والمسطحات المائية المختلفة، تسببها أساسا قوى الجاذبية الناجمة عن القمر والشمس، وهى ببساطة عبارة عن تذبذبات فى مياه البحار أو المسطحات المائية تتأثر بجانب الجاذبية القمرية والشمسية بحجم وشكل الحوض.

وينقسم المد والجزر إلى ثلاثة أنواع: النوع الأول ـ وهو النوع اليومى dur-naltide ويحدث فيه مد واحد وجزر واحد خلال ٢٤ ساعة، والنوع





شكل رقم (٢٤)

الثانى - نصف اليومى semedurnal tide ويحدث فيه مدان وجزران فى نفس المدة السابقة ، والنوع الثالث - وهو نوع مختلط بين الاثنين السابقين وهو أكثر الأنواع تعقيدا .

تبرز أهمية حركة المد فى تأثيرها على كثافة التيارات المدية tidal currents . ويعد الفارق المدى tidal - range من الخصائص الهامة لظاهرة المد والجزر، وهو يختلف من ساحل إلى آخر ويصل فى السواحل المحيطية المفتوحة إلى أقل من مترين يزداد اتساعا على السواحل المتعرجة التى تكثر بها الخلجان الضيقة estuar-ies حيث يصل أقصاه فى خليج فندى fundy - bay فى الساحل الكندى (١٩,٦ مترا).

ويصل فى مصب وادى سيفرن severn ١٦,١ (راجع بالتفصيل صبرى محسوب ١٩٩١، ص ٦٨) وسواحل هذه الخلجان من النمط نصف اليومى .

وقد يعد الفارق المدى من العوامل المؤثرة فى تطور الكثير من السواحل حيث يلعب دورا كبيرا فى تطور الأرصفة الشاطئية والبلاجات والخلجان الساحلية، إلى جانب ذلك فإنه ـ أى الفارق المدى ـ يعتبر عاملا رئيسيا فى تحديد قوة التيارات المدية.

ويمكن من النقاط التالية تحديد أثر التيارات المدية على جيومورفولوجية السواحل.

(١) يساعد المد والجزر فى تحديد المدى الرأسى الذى يمكن للأمواج الوصول إليه للقيام بالنحت أو الإرساب.

(٢) تلعب التيارات المدية داخل الخلجان الضيقة دورا فى نحت قيعانها وجوانبها من خلال تقدمها وتراجعها المستمر.

(٣) يسبب المد والجزر تعاقب البلل والجفاف على منطقة المد الشاطئية inter tide zone ومن ثم فقد تكيفت الأحياء البحرية العديدة هنا خاصة الحفارة bor-rowing- organisms مع هذه البيئة. والكثير منها عمل على تفتيت الصخور مما يساعد الأمواج على إزالتها، كذلك يؤدى تعاقب البلل والجفاف على حدوث تجوية ميكانيكية فى شكل نمو بلورات للأملاح.

جـ ـ الرياح :

تلعب الرياح دورها كعامل نحت ساحلى فى مناطق عديدة من السواحل يتمثل أهمها فى المناطق التالية :

- سواحل المناطق الجافة وشبه الجافة aird and semiarid coasts.
- سهول الردش الجليدى out wash plains.
- الشواطئ الرملية sandy beaches.

أما على بقية الأنماط الساحلية فإن دور الرياح فى التشكيل عادة ما يكون دورا ثانويا وأقل أهمية.



وتعد الريـاح السائدة هى الرياح الأكـثر تأثيرا.وخـاصة على تلك الـسواحل المواجهة لهبوب الرياح مثل الساحل الشـمالى فى مصر - خاصة على الجوانب من الرءوس الأرضية لها - وساحل غرب بريطانيا وساحل الشام وغيرها.

وتزداد قوة الرياح إذا مـا وصلت إلى سرعة تتـحرك عندها جزيئـات الرمال الساحليـة وهى السرعة الحرجة اللازمـة لتحريك الذرات التى تقفـز فى البداية فى قفزات قصيرة متقطعة (طريقة القفز)، أو قد تتحرك بالزحف السطحى أو قد تنتقل بالتعلق - كما اتضح ذلك فى دراسة الجزء الخـاص بالعمليات الهوائية - وبعد ذلك تتراكم أمام أى عائق وتتشكل فى أشكال رملية شاطئية مثل النباك والكثبان الطويلة الممتـدة فى موازاة خط الشـاطئ والكثبـان المجدوعة وغـيرها (للاسـتزادة، راجع صبرى محسوب، ١٩٩١).

الأقسام الجيومورفولوجية بالمنطقة الساحلية

توجد مـصطلحات عـديدة تستخـدم فى تصنيف أشكال الأرض والعـمليات الساحلية مثل الشاطئ الخلفى back-shore والشاطئ الأمامى fore line والشاطئ البعيد off shore وخط الشـاطئ short line وخط السـاحل coast line وغيرها، وكلها تستخدم فى وصف مورفولوجية الشاطئ.

بالنسـبة للشاطئ الـقريب near shore فإنهـا تستـخدم لتـصنيف العمـليات الجيـومورفـولوجية السـاحلية كـما فى شكل رقم (٢٥) الذى يتـضح فيـه أيضا التغيرات الهـامة التى تؤثر على قطاعات الشاطئ فى منطقة الشـاطئ القريب خلال فصلى الشتاء والصيف.

أما بالنسبـة لمنطقة الشاطئ البعيـد فليس لها حد تجاه البحـر وإن كان البعض يرى أنه ينطبق مع حدود الرفـرف القارى contenintal shelf تجاه البـحر، أى كل منطقة باتجاه اليابس بعد ذلك فإنها تبدو ضيقة للغاية بالمقارنة باتساع الرفرف القارى والذى تظهر كل عناصره بالشكل رقم (٢٥).



الأشكال الأرضية فى المنطقة الساحلية

(١) الخوانق Submarine canyons :

تعد من أهم الملامح المورفولوجية المغمورة بمنطقة الشاطئ وهى عادة ما تقع بعيدا فى منطقة الشاطئ البعيد أمام مصب نظام نهرى مثل مصب نهر هدسن شرق الولايات المتحدة، والذى يبدو أن الخانق الممتد أمامه كان يمثل فى الماضى جزءاً من نظام هذا النهر، أو بمعنى آخر مصبا لهذا النهر قبل حدوث ارتفاع فى منسوب مياه المحيط وحدوث غمر بحرى للساحل.

وتوجد نظرية تفسر نشأة هذه الظاهرة بعيدا عن التفسير السابق، ترى أنها نتاج تيارات مدية مضطربة turbiidity currents تتميز بجريانها المركز والمشبع بالرواسب، وعملت على حفر هذه الخوانق مع تتابع تحركها متعامدة على خط الشاطئ.

(٢) الشواطئ الرملية Beaches :

عبارة عن رواسب رملية تمتد على سواحل منخفضة فيما بين علامة المد المرتفع والحد الأدنى للأمواج المؤثرة، وتعتمد هذه الشواطئ فى شكلها أساسا على أنواع الأمواج القادمة فإذا كانت من الأنواع الطويلة وذات تردد منخفض low fre-quency ففى هذه الحالة فإن تراجع الموجة الأولى قد ينتهى قبل وصول الموجة اللاحقة وينتج عن ذلك بناء للشاطئ وارتفاع فى منسوبه، وهذه الأنواع من الأمواج تعرف بالأمواج البانية constructive waves وهى عادة ما تأتى فى صورة متشعبة منسكبة بهدوء فوق الشاطئ الرملى قليل الانحدار.

أما الأمواج المدمرة القصيرة السريعة ذات التردد المرتفع high frequency فينتج عنها تداخل بين الأمواج المرتدة والمتقدمة مما يعمل على نحت الشاطئ وإزالة رواسبه، وعادة ما تنشط هذه الأمواج المعروفة « بأمواج البحر » خلال فصل الشتاء فى كثير من السواحل التى تتعرض لها، ففى سواحل بريطانيا تعمل الأمواج المدمرة شتاءً على تكوين حافات أو حواجز رملية bars نحو البحر قريبة من خط الشاطئ، وفى فصل الصيف تدفع هذه الرواسب المكونة فى شكل حواجز نحو الشاطئ مرة أخرى عبر منطقة تكسر الأمواج، وذلك بواسطة الأمواج البانية constructive waves التى تسود عادة فى هذا الفصل.



ويلعب المد والجزر دوره فى بناء الشواطئ، ففى أثناء المد عندما يكون الشاطئ جافا يحدث أن تتشرب الأمواج المتكسرة فى مسامات الصخور مما يؤدى بدوره إلى ضعف عملية الارتداد backwash والجنوح بالتالى للإرساب.

وفى حالة الجزر يكون محتوى صخور الشاطئ من مياه مرتفعا، وبالتالى يقل معدل تشرب مياه الأمواج المتكسرة فوق الشاطئ. وهنا يكون التراجع قويا بالمقارنة بحالته فى حالة تكسر الأمواج أثناء المد، ويكون اكتساح الرمال أكثر وضوحا فى هذه الحالة.

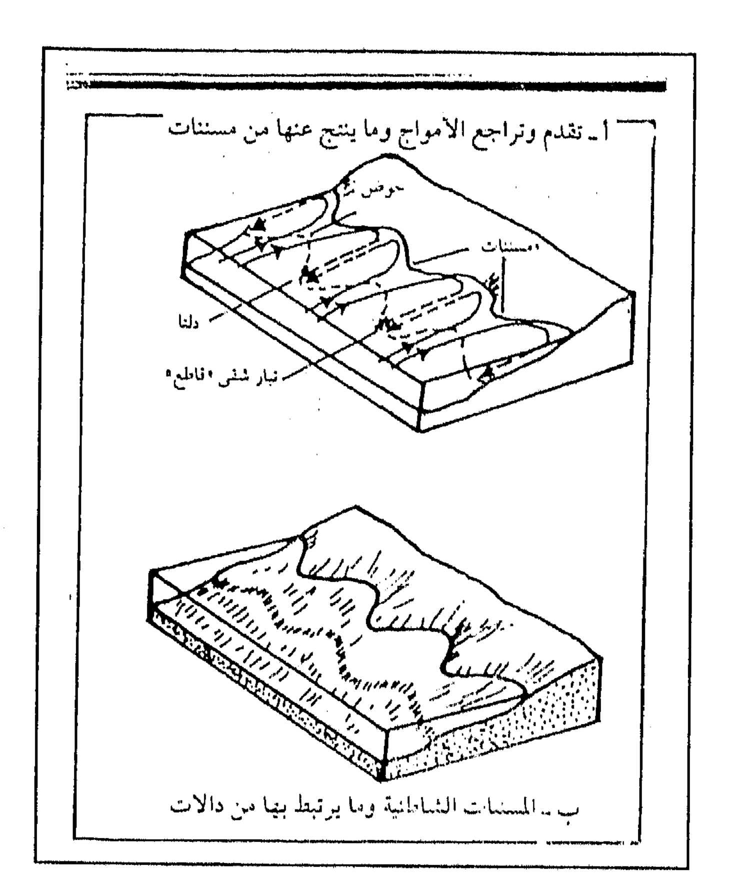
(٣) الألسنة الرملية sand spits

تعد من ظاهرات الإرساب الساحلية تنمو وتطور جيدا على طول خطوط الشواطئ التى تكون فيها عمليات الإزاحة الشاطئية قوية، مع حدوث تغير اتجاه الشاطئ بشكل مفاجئ من البحر تجاه اليابس. ويعد لسان hurst-castle نموذجا جيدا للألسنة المنحنية recurved حيث تكون الإزاحة الشاطئية من الشمال الغربى فى اتجاه اللسان نحو الجنوب الشرقى، ويوجد على سواحل مصر ألسنة بحرية واضحة، منها لسان دمياط إلى الشرق مباشرة من رأس (نتوء) دمياط والذى تكون مع اتجاه تيار الإزاحة الشاطئى نحو الشرق حاملا معه الرواسب الطينية والطينية والرملية التى تمثل الرواسب النيلية جزءا كبيرا منها حاجزا بينه وبين اليابس منطقة ضحلة تنمو بها النباتات الملحية وفى طريقها إلى الجفاف والالتحام بالساحل.

(٤) المسننات الشاطئية Cusps

تتكون فى شكل حافات مستديرة scalloped ridges من رواسب شاطئية من أحجام مختلفة يفصل بينها أحواض دائرية صغيرة تمثل كل منها مجالا لتقدم وتراجع الأمواج مع تركز للارتداد الموجى وسط الحوض بين زوجين من المسننات أخذا - الارتداد - شكل تيار شقى أو تيار قاطع rip-current، وقد تمتد أمام المسننات حواجز هلالية غاطسة فى منطقة تكسر الأمواج، ومع ظهورها فى مناطق كثيرة من السواحل، إلا أن نشأتها الأولى غير معروفة بدقة كافية (شكل ٢٦ أ، ب). وهناك أشكال إرسابية أخرى على السواحل مثل حواجز اللاجونات الساحلية وغيرها.

أما عن أهم الظاهرات فى سواحل الجروف والتى نتجت عن عمليات النحت الساحلية فتتمثل فيما يلى :



شكل رقم (٢٥)

(١) الجروف الساحلية Coastal cliffs

تتم عـمليات النحت البـحرية على طول الشـواطئ وتزداد قوة أثناء هـبوب العـواصف البـحـرية، وتؤدى من بين مـا تؤدى إلى ظهـور الجروف والأرصـفـة الشاطئـية (صورة رقم ٦)، وتوجد عـمليتان رئيـسيتـان ترتبطان بتطور الجروف الساحلية تتمثلان فى :

(أ) عملية التقويض السفلى under cutting

وترتبط أساسا بالضـغط الهيدروليكى hydraulic action للمياه عـلى قواعد الجروف الساحليـة إلى جانب عمليات النحت المائى الذى تقـوم به الأمواج مع ما تحمله من مفتتات صخرية تستخدمها كأدوات للنحت والبرى فى صخور الشاطئ.



(صورة رقم ٦)

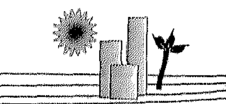
(ب) وبالنسبة لعملية الانهيارات الأرضية: فإنها تزداد خاصة مع قلة الغطاء النباتى، وبالتالى تزداد درجة انحدار الشاطئ نحـو البحر، بينما يضعف دور البحر فى تطورهذه الشواطئ الجرفية.

(٢) أرصفة الشاطئ Shore- platforms

عادة ما تحـد الجروف الساحلية أرصفة تمتـد عبر المنطقة الشاطئـية، وتنحدر ببطء شديد نحو البـحر، وقد تطورت هذه الأرصفـة واتسعت مع تراجع الجروف تجاه اليابس، كـما أنها قد تشكلت بفعـل الأمواج وغيرها من العمليـات البحرية، وتمتد من عـلامة المد المرتفع high tide mark عند قاعـدة الجرف السـاحلى حتى منسوب أقل قليلا من علامة الجزر.

وتنقسم الأرصفة الشاطئية وفقا لبيرد Bird إلى ثلاثة أنواع :

(أ) الأرصفة المرتبطة بالاحتجار الموجى w. quarrying والنحت المائى، وهى التى تعرف بالأرصفة المدية tidal platforms أو بأرصفة نحت الأمواج فى الكتابات



القديمة، ويرتبط تطورها بطاقة الأمواج وتوافر المفتتات الصخرية، وعادة ما ترتبط هذه الأرصفة بالسواحل ذات الأمواج القوية المدمرة.

(ب) الأرصفة الناتجة عن التجوية المائية water layer weathering :

وتظهر هذه الأرصفة نتيجة لتعاقب البلل والجفاف على صخور الشاطئ، ولذلك دائما ما توجد عند منسوب أعلى من مستوى التشبع الدائم والذى عادة ما يرتبط بعلامة المد العالى. وتظهر فى بعض السواحل بجزر هاواى وكاليفورنيا السفلى وبعض سواحل البحر الأحمر والبحر المتوسط فى مصر.

(جـ) أرصفة الإذابة والنحت البيولوجي :

يطلق عليها بيرد Bird أرصفة الجزر low tide وتظهر على سواحل ذات صخور جيرية كثيبية مثل سواحل مرسى مطروح بمصر، وسواحل جنوب غرب أستراليا، وترتبط فى تطورها أساسا بعملية الإذابة والنحت بواسطة الأحياء البحرية الحفارة فى بيئة تتميز بأمواج ذات طاقة منخفضة وفارق مدى ضيق، وتدخل فى هذا النوع الأرصفة الشاطئية المرجانية أو ما تعرف باسم الأطر المرجانية fringing reefs وكذلك أرصفة شواطئ الطحالب الجيرية (راجع المؤلف، ١٩٩١، ص ص، ١٣١ ـ ١٣٢).

وترتبط بسواحل الجروف أشكال مورفولوجية ساحلية مميزة نتجت أساسا بفعل عمليات النحت مثل الكهوف البحرية التى تتكون على طول خطوط الضعف مثل الشقوق والمفاصل وغيرها من مناطق الضعف، ويبدأ قطره فى التناقص نحو الداخل، وقد توجد فواصل صخرية من نهاية النفق حتى قمة الجرف مكونة ما يعرف بالمنفس blow hole وهى عبارة عن فتحة علوية، ويعد بئر مسعود قرب شاطئ ميامى بمدينة الإسكندرية نموذجا للكهوف البحرية ذات المنافس الرأسية.

وينتج عن انهيار سقف الكهف تكون شرم بحرى ضيق يتسع قليلا باتجاه البحر. ومن الظاهرات الناتجة عن النحت فى سواحل الجروف الأقواس والمسلات البحرية arches and stacks، والأول ينتج عن تطور كهفين على جانبى رأس أرضية ناتئة فى مياه البحر وعندما ينهار سقف الكهف البحرى بسبب عمليات

النحت المستمرة تظهر نهاية الرأس فى شكل جزيرة صغيرة فوق سطح رصيف بحرى، يطلق عليها اسم مسلة بحرية.

أنواع السواحل :

رغم المحاولات العديدة للقيام بتصنيف السواحل إلا أنه لا يوجد حتى الآن تصنيف كامل للأشكال الساحلية، ربما يرجع ذلك إلى الاعتماد على التصنيف القديم القائم على أساس النشأة genetic classification والتغاضى عن غيره من التصنيفات الوصفية.

وفيما يلى إيجاز للتصنيفات الساحلية الرئيسية :

أولاً : تصنيف جونسون ـ ١٩١٩ :

يعتمد هذا التصنيف على النشأة وتقسم فيه السواحل إلى أربع فئات هى :

(١) شواطئ الغمر Submerged - Coasts :

وهى الشواطئ التى تشكلت بفعل الغمر البحرى الهولوسينى، ومنها سواحل الريا التى تبدو فى شكل خلجان مجاورة لبعضها البعض.

(٢) سواحل الحسر Emergency - Coasts :

نتجت عن حدوث رفع توازنى بعد إذابة الجليد مثلما حدث على سواحل أسكتلندا وأسكندنافيا، وكذلك تظهر على السواحل التى تعرضت لرفع تكتونى مثلما الحال على بعض سواحل نيوزيلند، وقد تظهر على سواحل تعرضت لهبوط مستوى سطح البحر مثل ساحل البحر الأحمر.

وتتميز سواحل الحسر عند جونسون ببساطتها مع امتداد حواجز رملية فى منطقة الشاطئ البعيد وظهور ألسنة وبحيرات طولية lagoons.

(٣) شواطئ محايدة :

ترتبط بأشكال ليس لها علاقة بعمليتى الغمر والانحسار البحرى ولكنها ترتبط بعمليات الترسيب أو بالتكوينات الشاطئية مثل شواطئ الدالات والشواطئ البركانية وشواطئ الصدوع.



(٤) الشواطئ المركبة :

وهى تنتج من تعرض الساحل لأكثر من عملية من العمليات الموجودة بالفئات السابقة.

ثانيا ـ تصنيف شبرد Shepard ـ ١٩٤٨

يعد من التصنيفات الدقيقة التى تعتمد أساسا على النشأة مع تفصيلات تعتمد على الوصف. ويتمثل هذا التصنيف باختصار فيما يلى :

أولاً : السواحل الأولية :

(١) سواحل تشكلت بفعل عمليات نحت هوائى ثم غمرت مع ارتفاع مستوى سطح البحر أثناء الهولوسين، وتتمثل فى سواحل الأنهار الغارقة (الريا) ria ومصبات (الفيوردات) fiord.

(٢) سواحل تشكلت بالإرساب الهوائى (يقصد به الإرساب القارى) منها سواحل الدالات النهرية وسواحل الركامات الجليدية وسواحل الكثبان وسواحل المانجروف.

(٣) سواحل تشكلت بالنشاطات البركانية مثل سواحل طفوح اللافا.

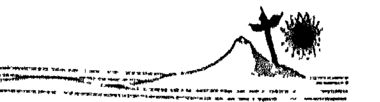
(٤) سواحل تشكلت نتيجة للحركات الأرضية مثل سواحل الصدوع وسواحل الالتواءات.

ثانياً ـ السواحل الثانوية وتنقسم إلى :

(١) سواحل تشكلت بفعل النحت البحرى مثل سواحل الجروف.

(٢) سواحل تشكلت بعمليات الإرساب البحرى، وقد عدل شبرد التصنيف السابق ـ ١٩٦٢ بإضافة بعض الأنماط للفئات السابقة (راجع بالتفصيل للمؤلف، ١٩٩١، ص ص ٢٦٤، ٢٦٥)

ومن التصنيفات الحديثة الأخرى تصنيف كوتون Cotton سنة ١٩٥٢ الذى أوضح فيه أثر التكتونيات فى تشكيل السواحل وينقسم باختصار إلى :



(١) سواحل الأقاليم الثابتة تأثرت كلها بعمليات الغمر البحرى الحديث، وقد قسمها إلى ثلاثة أقسام: سواحل الغمر، وسواحل ذات ملامح مورفولوجية موروثة، وسواحل الفيوردات.

(٢) سواحل الأقاليم غير الثابتة وقد تأثرت بحركات الرفع والهبوط التكتونى.

ومن التصنيفات الأخرى تصنيف فالنتين Valentin سنة ١٩٥٢ والذى حدد فيه سواحل التقدم وسواحل التراجع حيث ذكر فيه أن تقدم السواحل نحو البحر قد يرجع إلى الانحسار أو إلى الانتشار progradation بواسطة عمليات الترسيب، وأرجع التراجع retreating إلى غمر الساحل أو تقهقره بفعل عمليات النحت البحرى (راجع بالتفصيل للمؤلف، ١٩٩١).

السواحل المرجانية (دراسة حالة)

تتعدد الأشكال المرجانية بدرجة كبيرة مما جعل من الصعب حتى الآن وضع نظام عام متفق عليه لتقسيم وتصنيف أشكالها، وأبسط تقسيم هو تقسيم دارون لها إلى أطر مرجانية وحواجز وحلقات كما يتضح فيما يلى :

(١) الأطر المرجانية frniging - reefs: تعد أبسط الأشكال الساحلية المرجانية وأكثرها انتشارا، وهى تنمو إلى أعلى رأسيا وأفقيا تجاه البحر وعادة ما تكون ملاصقة لخط الشاطئ وتبدو كرصيف مرجانى يظهر أثناء الجزر وقد تمتد بصورة مستمرة أو تتقطع أمام مصبات الأنهار بسبب ما تأتى به من مياه عذبة ورواسب تفسد النمو المرجانى، ومن ثم تتكون ثغرات تعد فى الأغلب مواضع هامة لإنشاء المرافئ بسبب عمقها الملائم.

ويختلف اتساع الإطار المرجانى ما بين بضعة أمتار إلى أكثر من ١٠٠٠ متر، وأهم خصائصه انحدار جانبه المواجه للبحر بشدة، أما السطح فيتميز باستوائه النسبى وكثرة الشقوق والفجوات بسبب الإذابة والنحت بفعل الأحياء القارضة.

(٢) حواجز الشعاب المرجانية : تمتد عادة بعيدا عن خط الشاطئ بنحو ٣٠٠ متر يفصلها عنه قناة طولية تتميز بعمقها، ويماثل سطحه سطح الإطار المرجانى من حيث الاستواء وكثرة الشقوق. والحاجز المثالى لا يزيد عرضه على بضع مئات من الأمتار مع ظهور جزء محدود من سطحه أثناء حدوث الجزر. وقد ينمو الحاجز أفقيا بحيث يلتحم بالشاطئ، وذلك عندما تكون القناة المائية ضحلة. وقد تختفى الحواجز المرجانية أثناء المد المرتفع فتسبب خطورة بالغة أثناء الملاحة. مثلما الحال فى منطقة مضايق جوبال وسواحل البحر الأحمر فى مصر.

(٣) الحلقات المرجانية Atolls :

تنتشر مثل هذه الظاهرة فى كل من المحيطين الهادى والهندى وتبدو الحلقة المرجانية بيضاوية الشكل (على هيئة حدوة حصان) أو قريبة من شكل الدائرة تحصر داخلها بحيرة ضحلة، ومن هذه الحلقات جزيرة سوفا دفيا المرجانية إحدى جزر المالديف والتى يبلغ طول حاجزها المرجانى ١٩٠ كم وطول البحيرة الداخلية ٦٠ كم. وقد تكونت مثل هذه الحلقات حول جوانب براكين غاطسة.



الغلاف الغازى

Atmsphere



يعد الغلاف الغازى من المجالات الرئيسية للدراسة الجغرافية الطبيعية ومكونا رئيسيا من مكونات الأغلفة المطوقة للأراضى، وإذا كنا لا نراه فإننا نشعر بوجوده من خلال الإحساس بعناصره المختلفة من رياح تهب، وحرارة تنخفض درجاتها وترتفع، ورطوبة وأمطار وغيرها.

أولاً: مكونات الغلاف الغازى :

يتكون الغلاف الغازى من خليط من الغازات، كما يتضح ذلك من الجدول التالى رقم (٤) الذى يشتمل على الغازات الرئيسية بالغلاف الجوى ونسبها المختلفة.

مكونات الغلاف الغازى

الغاز		النسبة المئوية
النتروجين	N^2	٧٨,٨٨
الأكسوجين	O^2	٢٠,٩٤٩
أرجون	A	٠,٩٣٠
ثانى أكسيد الكربون	CO^2	٠,٠٣٠
نيون	Ne	٠,٠٠١٨
الهليوم	He	٠,٠٠٠٥
الأوزون	O_3	٠,٠٠٠٠٦

يعد النتروجين أكثر هذه الغازات وجودا حيث يمثل أكثر من ٧٨,٨ ٪ من كمية الغازات الموجودة بالغلاف الغازى، وهو غاز غير نشط فى درجة الحرارة العادية.

وتتمثل أهميته فى كونه مصدر النتروجين اللازم لنمو النباتات. ويتحد مع غاز الأكسوجين فى درجات الحرارة المرتفعة أثناء عمليات احتراق الأنواع المختلفة من الوقود ليتحول إلى أكسيد النتروجين الذى يؤثر تأثيرا سلبيا على الإنسان بسبب تأثيره على التنفس وتسببه فى العديد من الأمراض.

ويأتى الأكسـوجين فى المرتبـة التالية بـعد النتروجـين كثانى عـنصر مكون للغلاف الغارى بنسبـة ٢١ ٪ تقريبا من مكوناته الغازية، ويعد نتاج عمليـة التمثيل الضوئى photosynthesis على مستوى سطح الأرض، وهو ضرورى لكل عمليات التنفس والاحتراق - ويتحد مع العناصر الأخرى تحت ظروف عادية - يليه الأرجون ثم النيون والهليـوم، والعناصر الأخيـرة ليس لها تأثير يـذكر على ظروف الطقس والمناخ.

بجانب مـا سبق هناك ثلاثة غازات تمثل مع بعـضها نسـبة صغيـرة جدا من مكونات الغلاف الغارى، هى: بخار الماء water - vapour (H_2O) ، وثانى أكسيد الكربون carbon - dioxide، والأوزون O_3.

ورغم نسبهـا القليلة جدا إلا أن لكل منها أهمـيته فى التأثير عـلى عمليات الغـلاف الغارى إلى جـانب كونـها من أكـثر الغـازات تأثيـرا بالإنسان ونشـاطاته المختلفـة، فبخار الماء قـد تصل نسبتـه فى الهواء فى منطقة مـا إلى نحو ٤ ٪ من جملة مكوناته الغارية، بينما نسبته على مـستوى العالم نحو ٢ ,٠ ٪ فقط، ويظهر الماء فى الغلاف فى حالة صلبة أو سائلة أو غارية، وفى كل حالة من حالات تحوله تخرج الحرارة الكامنة latent heat إلى الجو، وهذه التغيـرات فى الواقع لها أهمية كبيرة فى العمليات الجوية.

ويعمل بخـار الماء على تشتت وامتصـاص وانعكاس الأشعة الشمـسية ذات الموجات القصيرة short - waves، ويمتص الإشعاع الأرضى الذى يتـميز بموجاته الطويلة، ومن ثم فبخار الماء يلعب دورا هاما فى الميزانية الحرارية للأرض.

أما ثانى أكسـيد الكربون فهـو نتاج عمليـة التنفس respiration وعمليات الاحتراق، ويستخدم فى النبات فى عملية التمثيل الضوئى.

وتبرز أهمـيتـه فى امتصـاصه للطاقـة الإشعاعـية radiant - energy من الأرض، أما الأوزون O_3 فتبرز أهميـته فى قدرته على امتصاص الأشعـة الشمسية فى الطبقات العليا للغلاف الغارى حيث يمتص الأشعة فوق البنفسجية ultra - violet ذات الموجات الأقل من ٣ ,٠ مـيكرومتر، وهذه الأشـعة ضارة جدا بالنسـبة للإنسان والنبات، بالتالى فـإن الأوزون يحمى كل نظم الحياة على سطح الأرض،

ولذلك فإنه من الأمور الهامة ألا تقل نسبة تركيز الأوزون فى الجو؛ لما يسببه ذلك من ارتفاع فى درجة الحرارة بالطبقات الدنيا من الغلاف الجوى حيث تتغلغل الأشعة الشمسية بمعدل أكبر، والعكس فى حالة زيادة نسبة الأوزون يحدث انخفاض فى درجات الحرارة.

ومن العناصر الجوية الأخرى، الغبار dust الذى يعد أحد مكونات الغلاف الغازى، وهو نتاج عمليات طبيعية مثل الانفجارات البركانية، ونتاج عمليات بشرية أيضا مثل: الصناعة، وعمليات التحجير وغيرها، إلى جانب ما يأتى من عمليات تعرية التربة،ويمكن للغبار أن يصل فى طبقات الجو إلى ارتفاعات تتراوح ما بين ١٠ إلى ٥٠ كيلو متر، وإن كان الجزء الأكبر يتركز فى الطبقة السفلى من الغلاف الغازى، ويعد الغبار من ملوثات الغلاف الغازى إلى جانب ما يقوم به من تشتيت للإشعاع الشمسى، ويعد كذلك بمثابة النويات التى يتم عليها التكثيف condensation nuclei.

ثانيا: تركيب الغلاف الغازى :

ينقسم الغلاف الغازى المحيط بالأرض إلى أربعة أقسام أو أربع طبقات تتمثل فيما يلى:

(١) يبدأ من أسفل بطبقة التروبوسفير troposphere بسمك يبلغ ٨ كيلو متر فوق المنطقة القطبية و ١٦ كيلو متر فوق خط الاستواء، وترجع زيادة سمكها عند خط الاستواء بسبب قوة عمليات التصعيد الهوائى؛ حيث تصل التيارات الرأسية لارتفاعات كبيرة. ويتركز به نحو ٧٥ ٪ من وزن الهواء بالغلاف الجوى.

وتتميز طبقة التروبوسفير باضطرابها، وقد انعكس ذلك فى زيادة درجة الاختلاط الهوائى بها، ويرجع اضطرابها أساسا إلى كسبها للحرارة من الأرض وليس الشمس ـ كما سيتضح ذلك فيما بعد ـ ومن ثم يصبح الهواء الأدفأ قرب الأرض والأبرد عند مناسيب أعلى. وأحيانا ما يحدث عكس ذلك حيث تزداد درجات الحرارة بالارتفاع، ويطلق على هذه الحالة مصطلح الانقلاب الحرارى temperature inversion ويحدث ذلك عندما يصعد هواء دافئ فوق هواء بارد، وهذا غالبا ما يتم ليلا قرب سطح الأرض بعد أن يكون قد أشع حرارته وبرد،



وعادة ما يحدث الانقلاب الحرارى بمعدل أسرع فى حالة اختفاء السحب، يرتبط به حدوث استقرار جوى فى طبقة الهواء البارد عند سطح الأرض، وقد يختفى الانقلاب الحرارى عندما يتم تسخين سطح الأرض فى اليوم التالى، وإن كان يستمر فى بعض الحالات لأيام عديدة.

(٢) طبقة الستراتوسفير Stratosphere[1]

تقع أعلى طبقة التروبوسفير، ويتميز الجزء السفلى منها لسمك ١٥ كم بالاستقرار والثبات النسبى، ولكن بالارتفاع يزداد تركز غاز الأوزون، تزداد بها الحرارة مع الارتفاع وذلك؛ لأن الأوزون يمتص الطاقة الشمسية، وأهم ما يميزه عن التروبوسفير أنه يستمد حرارته من الشمس مباشرة أى من أعلى إلى أسفل، ولذلك فإن الهواء الدافئ يقع أعلى الهواء البارد مما يؤدى إلى نوع من الثبات، ولا توجد هنا حركة رأسية للهواء، ويوجد بها قليل من السحب ولايزيد فيها تركيز بخار الماء عن ٣ أجزاء من المليون، وبسبب ما يميزها من استقرار فإنها تكون خالية تقريبا من التلوث باستثناء ما يأتى إليها بسبب وسائل النقل الجوى الأسرع من الصوت super sonic حيث يقدر بأن ما تنفثه هذه السوائل فى الساعة الواحدة نحو ٨٣ طنا من بخار الماء و ٢٠٧ طن من ثانى أكسيد الكربون وثلاثة أطنان من غاز أول أكسيد الكربون ومثلها من غاز أول أكسيد النتروجين no، ويعتقد أن بخار الماء المنبعث فى هذه الطبقة قد يؤدى إلى زيادة السحب وزيادة معدلات انعكاس الإشعاع الشمسى (Wilcock, D, 1983, P 98).

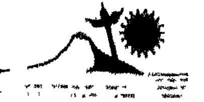
(٣) طبقة الميزوسفير Mesosphere

تقع هذه الطبقة على ارتفاع يتراوح ما بين ٥٠ ـ ٨٠ كم من سطح الأرض أعلى طبقة الستراتوسفير، وتنخفض فيها درجة الحرارة مع الارتفاع؛ حيث يقل تركيز الأوزون وينعدم بها بخار الماء تماما.

(٤) طبقة الثرموسفير Thermosphere

تعرف بطبقة الغلاف الحرارى، وتبدأ هذه الطبقة من ارتفاع حوالى ٨٠ كم

(١) يطلق عليها أحيانا الغلاف الزمهريرى أو الطبقى يبلغ سمكها أكثر من ٣٦ كيلو متر.



من سطح الأرض وحتى ارتفـاعات أبعد من ذلك بكثيـر (العقيلى، ١٩٩٠، ص ١٩).

وتزداد الحرارة هنا مع الارتفاع حيث تسخن من الشـمس مباشرة، مثلما هو الحال مع طبقتى الستراتوسفير والميزوسفير، تصل درجة الحرارة عند حدها الخارجى (العلوى) إلى ١٥٠٠°م، ومثل هذه الدرجة المرتفعة لا يتـم الشعور بها بالمقارنة بالغلاف القـريب من سطح الأرض، وهذا الأمر قد يبدو غـريبا، ولكن يجب أن نعلم أن درجة الحرارة قياس للطاقة الحـركية لجزيئات المادة، أما الحرارة heat نفسها فإنها تقيس الطاقة الحرارية ككل، فأى جسمـين صغير وكبير يمكن أن يكون لهما نفس درجة الحرارة، ولكن الأكبر حجما حـرارته أكبر من الجسم الصغير، والواقع إن قلة عدد الذرات الموجودة فى الثرموسفير تفسر انخفاض مستوى الطاقة الحرارية وليس الطاقة الحركية للجزيئات نفسها والتى تكون مرتفعة جدا، وتخلو هذه الطبقة من الأوزون وبخار الماء وتكثـر ذرات الهليوم والأكسـوجين والنتروجـين فى الجزء السفلى منها وحتى ارتفاع ١١٥ كيلو متر من سطح الأرض.

ثالثا: ميزان الطاقة الأرضية

تأتى الطاقة الشمسـية نحو الغلاف الغازى فى شكل إشعاع كـهرومغناطيسى electromagnitic radiation. ولكون حرارة الشمس مرتفعة جدا (٥٧٣٠°م) فإن الأشعـة الشمسيـة تكون قصيـرة المـوجـة وفوق بنفسجية والعكس نجده فى الأرض (متوسط حرارتها ١٢°م فقط) وتعكس أشعة طويلة الموجة long wave rays.

ولكى نفهم ما يطرأ على هذه الأشعة الشمسية القصيرة عند دخولها الغلاف الغازى للأرض، نفترض أن مائة وحدة من الطاقـة الشمسية وصلت الحد الخارجى للغلاف الغازى، نجد أن ٦ ٪ منها تتشتت وترتد فى الفضاء بواسطة الغبار و ٢١ ٪ ترتد بواسطة السحب و ٦ ٪ ترتد بواسطة سطـح الأرض، وارتداد الأشعة من أى سطح (الألبيدو albedo) عبارة عن نسـبة الأشعة المرتدة إلى جـملة الأشعة التى يستقبلها السطح، وعلى ذلك فإن الألبيدو الأرضى يمثل ٣٣ ٪.

وجـدير بالذكر أن الأجـسـام فاتحـة اللون مـثل الثلج snow والجليـد ice والسحب وغـيرها، تعكس نسبـة أكبر من الأشعـة بالمقارنة بالأجسـام الداكنة مثل التربة والنبات، ويقدر بأن الجليد يعكس ٦ ٪ من جملة الألبيدو الأرضى.

والأشعة ذات الموجات الأطول من الميكرون الواحد تمتص فى الطبقات السفلى من الغلاف الغازى، ومعنى ذلك أن ٢٠ وحدة من الإشعاع الشمسى تمتص منها ١٦ وحدة بواسطة الغبار وأربع وحدات يمتصها بخار الماء، أما النسبة الباقية وقدرها ٤٧ وحدة أو ٤٧ ٪ من الإشعاع الشمسى فتأتى إلى سطح الأرض بموجات تتراوح أطوالها ما بين ٤,ـ ٧,٠ ميكرومتر يعاد منها ٢٠ ٪ فى شكل أشعة طويلة الموجة تتبعه نسبة قدرها ٢٧ ٪ تنعكس ثانية فى شكل طاقة حرارية.

وجدير بالذكر أنه لولا وجود بخار الماء مع ثانى أكسيد الكربون فى الطبقة السفلى من الغلاف الغازى، فإن الأشعة الحرارية طويلة الموجة كان فى إمكانها التبدد سريعا فى طبقات الجو العليا فى الفضاء، ولكانت حرارة الأرض تنخفض إلى – ٤٥°م بدلا من حرارتها الحالية (١٢°) حيث تستقبل الأرض إشعاعا عكسيا من بخار الماء وثانى أكسيد الكربون لتعيده بالارتداد نحو الغلاف الغازى ثم تستقبله ثانية أكثر من مرة وهكذا.

وتسمى عملية تصيد (امتصاص) الموجات الإشعاعية الطويلة فى الجزء الأسفل من الغلاف الغازى « بتأثير الصوبات الزجاجية ـ Green House Effect »، وترجع هذه التسمية إلى أن بخار الماء H2O وثانى أكسيد الكربون يشبهان الزجاج في امتصاصه للأشعة القصيرة، ولكن يمنع هروب أو تسرب الأشعة الطويلة.

رابعا: انتقال الحرارة من خط الاستواء إلى القطبين:

إلى جانب الانتقال الرأسى للحرارة، هناك انتقال أفقى من العروض الدنيا إلى العروض العليا يمكن أن يتضح من السطور التالية:

يحدث إلى الشمال من خط عرض ٤٠° شمالا وإلى الجنوب من خط عرض ٣٠° جنوبا نقص فى درجة الحرارة، بينما نجد فى العروض المدارية يرتبط بزاوية سقوط الشمس (التى عادة ما تكون قائمة) ثم تزداد ميلا بالاتجاه نحو العروض الأعلى وبالتالى تنقص درجة تركيز الأشعة الشمسية، إلى جانب ذلك فإن الأشعة الشمسية تمر خلال سمك أكبر من الغلاف الغازى فى العروض العليا بالمقارنة بالعروض المدارية مما يجعلها تتأثر بشكل أكبر بعمليات التشتت والارتداد الإشعاعى، وبالتالى يحدث تبادل أفقى لكل من الحرارة الكامنة والحرارة المحسوسة من العروض المدارية الدنيا إلى العروض العليا.



يبدأ انتقــال الطاقة الحرارية تجاه القطبــين بالتسخين بالعــروض المدارية حيث يصعد الهواء فى هذه العروض حاملا معه كميات كبيرة من الطاقة الحرارية الكامنـة فى شكل بخار مــاء (يتبخــر من سطح القارات والمحـيطات فى هذه العروض)، وينتج عن عمليات التـصعيد فى العروض المدارية حدوث ضـغط مرتفع فى الجزء العلوى من الغلاف الغازى وتحــرك تيارات هوائية نحو الشمــال ونحو الجنوب تجاه العروض العليا. وعندما تغزو هذه التيارات الهوائية العروض الوسطى - فى طريقها نحو القطبين - الأقل فى درجة حرارتهــا يتكثف بخار الماء وتخرج الحرارة الكامنة، ونتيجة لذلك يسود الدفء فى العروض الوسطى والعليا.

خامسا: اليابس والماء والطاقة الإشعاعية:

يتم تسخين اليابس بسرعــة أكبر من الماء، وذلك لأن الأول ذو حرارة نوعية منخفضــة، بجانب ما يحدث فى المياه من اختــلاط رأسى وأفقى فى المحيطات مما يؤدى إلى توزيع الحرارة على مجال أكبر.

كذلك تــبرد الأسطح اليابسة بسرعــة وذلك؛ لأن كل الحرارة التى يتلــقاها اليابس تــختزن قــرب السطح، وعلى العكس من ذلك فــإن الماء بحرارته النوعــية المرتفعة يتم تســخينه ببطء (نلاحظ ذلك عندما نعرف أن وعاء الماء يســخن بسرعة أكبر من الماء الذى بداخله عند وضعــه على النار)، ومن أسباب ذلك أن الأمواج والتيارات تعمل على خلط الماء السطحى بالمياه فى الأعماق، ينتج عن ذلك توزيع الحرارة القادمة إلى مــوضع ما على حجم أكبر من الميــاه، وكلما زاد الاختلاط زاد بطء عملية التســخين، وهناك عامل آخر يؤدى إلى بطء عملية تسخين مــياه البحار يتمثل فى التبخر الذى يصاحبه بالطبع تبريد إلى جانب انعكاس أو ارتداد جزء كبير من الحرارة القادمة إلــى سطح المحيطات بالمقارنة باليابس، والصورة النهائــية تتمثل فى تســخــين اليابس بــسرعــة وتبــريدها بســرعة على الــعكس من الماء فى نفس العروض.

سادسا : الإنسان وأثره على الميزان الحرارى :

يمكن بوضوح ملاحظة أثر الإنسان فى ذلك فى المدن الكبرى والتى غالبا ما تكون أدفأ من المناطق الفضــاء المجاورة لها. وهذا ما يعرف بجــزيرة الحرارة المدنية Urban heat island، وهذه الظاهرة تنتج أســاسا من انتــشار المبــانى على مساحة

ضخمة، والتى بدورها تمتص كميات كبيرة من الأشعة بالمقارنة بالمناطق الريفية أو المناطق الخالية من المبانى، كما أن الطوب الآجر bricks له القدرة على اكتساب الحرارة بالمقارنة بالتربة.

وهناك عامل آخر يرتبط بالمدينة يتمثل فى احتراق الوقود من أجل الصناعة والتدفئة والنقل وغيرها، مما يجعله يمثل مصدرا للطاقة الحرارية تمتص مبانى المدينة جزءا كبيرا منه. وكل ذلك يؤثر فى ارتفاع درجة الحرارة بالمدن.

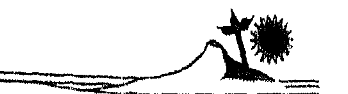
ومن مظاهر تدخل الإنسان كذلك ما يقوم به من تعديل السطح الأرضى من خلال إزالته للغابات deforestation مما يؤدى إلى زيادة معدلات الألبيدو الأرضى، فمن المعروف أن الحشائش التى تحل محل الغابات عادة ما تعكس أشعة شمسية بدرجة أكبر من الغابات، ويزداد الأمر حدة إذا ما كانت التربة خالية تماما من النباتات، حيث يعد الأخير سببا رئيسيا من أسباب انخفاض الحرارة ليلا فى المناطق الخالية من النباتات فى المناطق الصحراوية وخاصة فى العروض المدارية.

ويؤثر الإنسان على نسبة ثانى أكسيد الكربون فى الجو، من خلال ما يخرج من زفير أثناء عملية التنفس، ومن خلال ما يخرج من عمليات احتراق الفحم والبترول وغيرها.

وقد زاد معدل تركيز ثانى أكسيد الكربون فى الجو بشكل أكبر منذ ١٨٥٠ حتى الآن حيث بداية الثورة الصناعية فى أوروبا، كما تزداد نسبته بشكل كبير فى مناطق استخراج البترول، وقد ظهر ذلك بوضوح فى دولة الكويت التى شهدت حرائق لأكثر من ٨٠٠ بئر بترول مما أدى إلى زيادة حادة فى ثانى أكسيد الكربون والغازات الضارة الأخرى فى الجو مما تسبب فى العديد من الأضرار البيئية؛ نتيجة لسقوط أمطار حمضية أضرت كثيرا بالتربة والنباتات وأدت إلى زيادة معدلات تجوية المنشآت والمبانى المختلفة.

سابعا: الرطوبة فى الجو Humidity

يستمد الهواء رطوبته من خلال التبخر evaporation، والنتح transpiration بينما يفقدها من خلال التساقط.



(١) التبخر: يحدث بسبب ارتفاع درجة الحرارة حيث ينتج عن ارتفاع درجة حرارة الماء تطاير جزيئات بخار الماء water vapour فى الهواء. وأهم ما يرتبط بالتبخر أن جزيئاته المتطايرة تأخذ معها بعض الطاقة الحرارية التى امتصها من الجو، ولأن هذه الحرارة خاصية تميز جزيئات الماء فقط ولا ترتبط بكتلة الماء التى حدث بها التبخر فإنها تظل مختبئة بها فى شكل حرارة كامنة، وعندما يصل التبخر إلى مناسيب مرتفعة فى الغلاف الجوى يبرد ويتكثف ثانية فى شكل قطرات مائية، ومن ثم تخرج الحرارة الكامنة إلى الجو مما يؤدى إلى تدفئته. وعلى ذلك فإن التبخر يكون بمثابة عملية تتحول فيها الطاقة الشمسية إلى طاقة حرارية مختزنة، وإن كان جزء من الطاقة الشمسية المستخدمة فى عملية التبخر يتحول إلى طاقة كامنة poten-tial energy، وحيث إن قطرات الماء فى السحب بها طاقة كامنة تتناسب مع حجمها وارتفاعها، فإنها عندما تسقط على الأرض تتحول الطاقة الكامنة إلى طاقة حركية للمطر تزيد من فعاليته فى نحت التربة ونقلها على السفوح المواجهة له، والتبخر قد يتم عند أية درجة حرارة بين نقطتى التجمد والغليان freezing and poiling point. وبخار الماء من الغازات الخفيفة فى كثافتها النوعية وغير مرئى ويعد أساس التساقط بأنواعه المختلفة.

(٢) النتح Transpiration: يشبه التبخر ولكنه أكثر منه تعقيدا، ففى عملية النتح تمتص جذور النبات ماء التربة ليتحرك إلى أعلى خلال ممرات ميكروسكوبية فى خلايا النبات، وأخيرا ينشر فى الجو من خلال خروجه من مسامات صغيرة فى الأوراق تسمى stomata يبلغ عددها ٥٠,٠٠٠ فى السنتيمتر المربع من الورقة، وهذه المسامات تنفتح فى النهار فقط لتحصل على ثانى أكسيد الكربون لإتمام عملية التمثيل الضوئى، وعند انفتاحها يخرج منها الماء الداخل فى مكونات النبات ويتبخر فى الجو ويتحرك ماء التربة ليحل محله.

وهكذا باختصار فإن حركة الماء فى التربة خلال النبات ثم إلى الجو يطلق عليه مصطلح جريان النتح أو تيار النتح transpiration strean، وهذا الانتقال الرأسى للمياه يحمل معه المخصبات الغذائية من التربة ويوزعها فى النبات لكى يستمر فى نموه، أما فى الليل تنغلق هذه المسامات حيث لا يوجد تمثيل ضوئى بطبيعة الحال. ومعنى ذلك أن النتح لا يتم إلا نهارا عكس التبخر الذى يتم طوال ساعات النهار والليل.

(٣) التبخر - نتح evapotranspiration

لا يتم التبخر من أسطح المحيطات أو الكتل المائية فقط،ولكنه يتم بشكل مباشر من سطح التربة، ونظرا لعدم إمكانية قياس التبخر والنتح منفصلين فى المناطق المزروعة؛ لذا يطلق على قياس العمليتين مجتمعتين قياس التبخر - نتح.

من المعروف أنه عند درجة حرارة معينة يكون هناك حد أقصى لكمية بخار الماء التى يمكن أن يستوعبها الهواء، وعندما يصلها يطلق عليه هواء متشبع saturated air، وفى حالة التشبع يمكن لجزيئات الماء الدخول فى الغلاف الجوى ولكنها تصطدم مع الجزيئات الموجودة بالفعل،ومن ثم تفقد طاقتها وتسقط ثانية على السطح الذى قدمت منه عن طريق التبخر أو النتح. وعندما تتساوى الجزيئات المائية الداخله فى الهواء مع الجزيئات الساقطة على الأسطح سابقة الذكر، فإن الهواء يكون مشبعا ببخار الماء ولا يكون هناك أى فاقد من المياه الأرضية، أو بمعنى آخر لا يكون هناك تبخر - نتح، وتظهر حالة تعرف بالتوازن الديناميكى dynamic equilibrium، وعندما تأتى رياح خفيفة جافة تهب على سطح التبخر - نتح فإنها تعمل على توزيع بخار الماء على سمك أكبر من الهواء. وهناك قياسان رئيسيان لمحتوى بخار الماء فى الجو، وكذلك ضغط بخار الماء v. pressure.

- الرطوبة المطلقة Absolute humidity وتقيس كثافة بخار الماء فى الجو (وعادة ما يعبر عنها بالجرام فى المتر المكعب).

- الرطوبة النسبية relative humidity يعنى بها كمية بخار الماء الفعلية فى الهواء بالنسبة للكمية التى يمكن للهواء أن يستوعبها عند نفس درجة الحرارة، فعلى سبيل المثال رطوبة الهواء النسبية فى منطقة ما تساوى ٧٥ ٪ معنى ذلك أن الهواء به ٧٥ ٪ مما يمكن أن يستوعبه من بخار ماء عند نفس درجة الحرارة. وبسبب أن التبخر - نتح مصدر رطوبة الغلاف الجوى، فإن محتوى الهواء من بخار الماء يقل بالارتفاع حيث يقدر بأنه على ارتفاع ٧٥ مترا، فإن الرطوبة المطلقة تساوى ٨٥ ٪ من قيمتها عند منسوب سطح الأرض.

ومع ذلك فإن القليل من المطر يحدث على نفس مسطح التبخر نتح (المصدر الأصلى لمياه التساقط)، ويرجع ذلك إلى أن بخار الماء يتحرك تحركا أفقيا على سطح الأرض بفعل الرياح السطحية يشبه فى ذلك انتقال الحرارة. وحتى فى المناطق الحارة الرطبة والتى تتعرض لتصعيد الهواء وسقوط الأمطار نجد أن

الانتقال الأفقى لبخار الماء والحرارة advection نشط وذو أهمية كبيرة. فعلى سبيل المثال نجد أن حوض نهر المسيسيبى يستقبل ١٠ ٪ فقط من جملة أمطاره السنوية من التبخــر - نتح والتصعيد المحلــى، وطبقا لكل من Barry وتشورلى Chorley فإن النسبة الباقيــة تأتى عن طريق الانتقال الأفقى لبخار الماء. وتقدر كـمية المياه الناتجة عن التبــخر والنتح فى العالم بنحــو ٣٣٦ ألف كيلو متـر مكعب، منها ٨٤ ٪ من ميــاه البحار والمحــيطات والنسبــة الباقيــة من التبــخر والنتح من المسطحــات المائية والنباتية على سطح الأرض (Leopold and Davis).

وبصفة عامــة يقل التبخر فى المناطق الاستوائيــة بينما يزداد على المسطحات المحيطية فى العــروض شبه المدارية subtropical latitudes حيث السمــاء صافية مما يسمح لأشعة الشمس بالوصول إلى سطح المحيط دون إعاقة، فالبحر الأحمر يفقد سنــويا ٣,٥ مــتر خلال التــبخر مما يؤدى إلى ارتفــاع نسبــة الملوحة salinity فيه (٤٠ , ٪ تقريبا). وقــد يصل التبخر - نتح إلى درجــة الصفر على سطح الأرض مثلما هو الحال فى الصحارى المدارية الحارة؛ وذلك لعــدم وجود مياه لكى تتبخر، بينما تصل معدلات التبخر فى الأقاليم الرطبة إلى أكثر من ١٠٠ ملليمتر.

(٤) التكاثف Condensation

يحدث التــكاثف عند هبوط درجــات الحرارة فى المناطق ذات الهــواء المشبع ببخار الماء، وتعرّف نقطة الندى dew piont نظريا بأنها درجــة الحرارة التى يحدث عندها التكاثف. ولكى يتكثف بخار الماء فــإنه يكون بحاجة إلى أسطح للتكاثف، والذى يظهر فى الصباح الباكر - عقب ليلة صــافية - على الحشائش والأعشاب فى شكل قطرات الندى، وفى حالة انخفاض درجــة الحرارة إلى ما دون الصفر يتكون الصقيع frost. ويحدث التبــريد للهواء حسب قدرته على الارتفــاع وكذلك قدرته على غزو المناطق ذات الضغط المنخفض، وفى هذا النوع من التبريد الادياباتى adi-abatic colling، تزداد الرطوبة النسبية. ويحدث التشبع، ولكى يحدث التكاثف فى هذه الحالة فمن الضرورى وجود نويات وهى عبارة عن جــزيئات صغيرة معلقة فى الهواء من رماد بركــانى، وغبار قادم من الأراضى الجافة ودخــان المصانع، وحرائق الغابات، وذرات ثانى أكسيد الكربون، وغيرها، كلها تمثل نويات للتكاثف، ونظرا

للكثافة المنخفضة لهذه النويات فإنها تسقط على الأرض ببطء حيث تبقى معلقة لفترات طويلة وذلك؛ لأن سرعات تيارات الهواء الصاعدة تفوق سرعات تساقطها، ويرى كل من بارى Barry وتشورلى Chorley أن هناك مليون نوية فى كل لتر من الهواء فوق المحيطات ونحو ٥ ملايين فى كل لتر من الهواء فوق القارات. وفى الواقع أن التكاثف يحدث عند أو قرب مستوى التشبع حتى بدون نويات للتكاثف ولكن فى هذه الحالة ينقصها التماسك، عكس الحال إذا ما كانت هناك نويات، حيث إن قطيرات الماء ليست هى قطرات المطر rain - drops والأخيرة تمثل تجمعا من قطيرات الماء. ويقدر بأن قطر نوية التكاثف تبلغ ٢ ميكرون، وقطر قطيرة الماء عادة ما يكون أقل من ٤٠ ميكرون، بينما قد يصل قطر قطرة المطر ٢٠٠٠ ميكرون ويحتوى على مئات النويات.

(أ) التبريد الأدياباتى adiabatic - colling

يطلق على معدل انخفاض درجة الحرارة بالارتفاع مصطلح environmental lapse rate ويعنى معدل هبوط الحرارة البيئى مع الارتفاع وهو عادة ٦°م لكل ١٠٠٠ متر، وإن كان يختلف من منطقة إلى أخرى. ولكى نتفهم ماذا يحدث، نتصور كتلة هوائية صاعدة فإن ما يحدث بها عبارة عن تمدد للكتلة واندفاع جزيئات الهواء بها نحو المجال الهوائى المحيط بها، ونتيجة لهذا التمدد تضطر الجزيئات الهوائية للتحرك لمسافات أبعد؛ مما يؤدى إلى نقص فى طاقتها الحركية، ومن ثم تهبط درجة حرارتها بسبب هذا التحرك والانتشار، وهذه العملية يطلق عليها التبريد الأدياباتى أو ذاتى الحركة.

(ب) تكون السحب: تتكون السحب من ملايين من قطيرات الماء المعلقة فى الهواء. ويوجد نوعان رئيسيان من السحب: الأولى المتصاعدة convective أو المتعلقة بالحمل الحرارى، والنوع الثانى الطبقى stratus. والهواء فى النوع الأول له القدرة على الصعود الرأسى بمعدل سريع وكبير، أما الثانى فينتج عن حركة رفع هادئة مثلما يحدث فى حالة صعود جبهة دافئة إلى أعلى. وقبل تكون النوع الأول من السحب يحدث انفصال للكتلة الهوائية عما يحيط بها من مجال هوائى نتيجة تسخين سطح محلى أو نتيجة وجود مظاهر طوبوغرافية كالجبال، ويبدأ تكون

السحب عندما يصعد الهواء للسببين السابقين إلى ارتفاعات كبيرة فى نطاق من عدم الاستقرار (شكل ٢٧).

١ ـ سحب مرتفعة أعلى من ٦٠٠٠ متر.

٢ ـ سحب متوسطة ٣٠٠٠ ـ ٦٠٠٠ متر.

٣ ـ سحب منخفضة (أقل من ٣٠٠٠ متر).

(جـ) الضباب Fog :

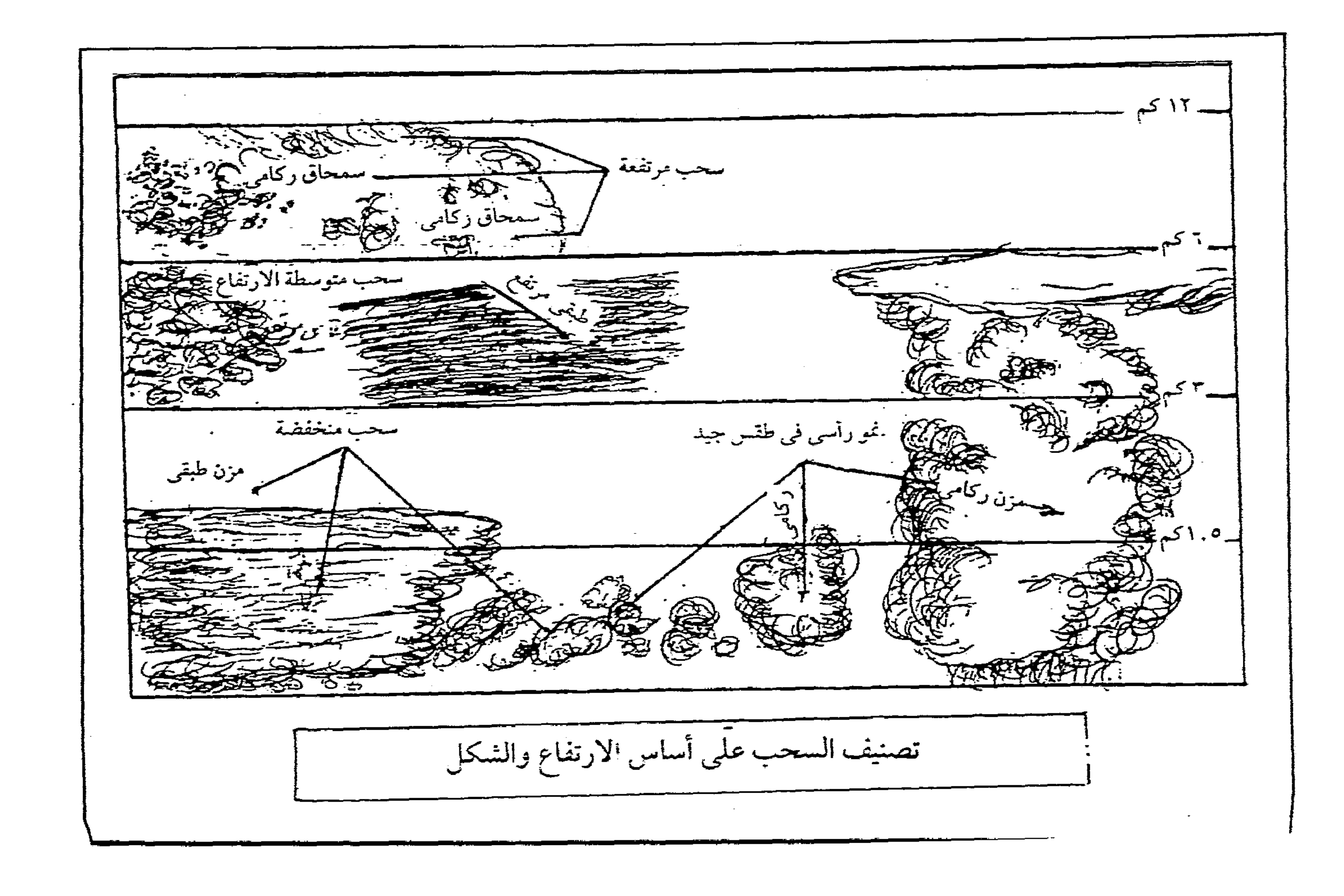
الضباب نوع من السحب المنخفضة القريبة من سطح الأرض. ويمكن تحديد نوعين من الضباب:

١ ـ النوع الناتج عن التبريد.

٢ ـ النوع الناتج عن التبخر.

يتضمن النوع الأول الضباب الإشعاعى، والضباب الناتج عن الانتقال الحرارى advection، وضباب أعالى السفوح up slope fog، والضباب المختلط، والضباب البارومترى. وينتج الضباب الإشعاعى عن تبريد بخار الماء بواسطة الإشعاع الأرضى terrestrial radiation، ولذلك فهو يقتصر على المناطق القارية فقط والتى تتعرض لانخفاض فى درجة حرارتها. والضباب الناتج عن الانتقال الحرارى يحدث عندما يعبر هواء دافئ رطب سطحا باردا، ويظهر ذلك بشكل واضح على طول خطوط السواحل المدارية الجافة وخاصة تلك التى تمر عليها تيارات محيطية باردة مثل: سواحل موريتانيا، وإتكاما، وغرب أستراليا، وناميبيا، وغيرها. ويحدث ضباب أعلى السفوح up slope fog نتيجة عمليات تصعيد تدريجية للهواء نحو أعالى السفوح الجبلية، وقد يتحول هذا النوع من الضباب إلى سحاب طبقى منخفض إذا ما تعرض لاضطرابات هوائية.

ويتكون الضباب المختلط عندما يتقابل هواء بارد مع هواء دافئ رطب، وخاصة فى منطقة الجبهات، وينتج الضباب البارومترى عندما يهبط الضغط الجوى حيث يبرد الهواء تبريدا ذاتيا.



تصنيف السحب على أساس الارتفاع والشكل

وبالنسبة للنوع الثانى من الضباب (الناتج عن التبخر) فيقسمه كريتشفليد Critchfield إلى قسمين، القسم الأول: يعرف بدخان البحر Sea smoke ويحدث عندما تتبخر المياه بعد تعرضها لهواء شديد البرودة، والثانى: يعرف بضباب الجبهات frontal fog حيث يسقط المطر على طول الجبهة خلال هواء دافئ وجاف أسفل السحب ليتبخر ثم يتكثف ثانية فى الهواء البارد. ويتكون فى المدن نوع من الضباب يسمى السخام smog ينتج عن اختلاط الدخان بالضباب، وأسوأ أنواعه ما يسمى photochemical smog، وهذا النوع يحدث فى المدن المكتظة بالسكان والمركبات وغيرها من الوسائل التى تنفث كميات ضخمة جدا من الغازات الضارة، مثل أول أكسيد الكربون وغيره.

(٥) التساقط Precipitation

يأخذ التساقط أشكالا مختلفة مثل المطر والبرد hail والثلج snow، وفيما يلى دراسة مختصرة عن المطر:

(١) توزيع المطر: يصعب للغاية تحديد أو تقدير المتوسط السنوى للمطر على سطح الكرة الأرضية ككل، وإن كانت مع ذلك توجد بعض التقديرات الاجتهادية مثل تقدير كرتشفيلد لكمية المطر السنوى للعالم بـ ٨٦ سم، وتقدير بنمان Pen-man له بـ ١٠٠ سم وعادة ما يكون المطر غزيراً فى مناطق التقاء الرياح conver-gence فى العروض المدارية، حيث تتقابل التجاريات، وكذلك يغزر المطر على طول الجبهة القطبية. والمنطقتان السابقتان هما فى الواقع مناطق المطر الرئيسية فى العالم حيث التقاء الرياح السطحية الدائمة، بينما يقل المطر كثيرا عند القطبين وفوق نطاقات الضغط المرتفع دون المدارى حيث يحدث هبوط هوائى وحالة استقرار جوى. وتعد السواحل المواجهة للرياح wind ward coasts من المناطق التى تتلقى أمطارا بشكل أغزر بكثير من المناطق الداخلية فى نفس العروض. ويرجع ذلك إلى أن الرياح تأتى بالهواء المشبع ببخار الماء باتجاه اليابس فإذا كانت هناك تيارات محيطية دافئة warm currents تمر عليها الرياح قبل وصولها إلى الساحل فإن الهواء فى هذه الحالة يزداد تشبعا ببخار الماء وتتسبب عنه أمطار غزيرة عند صعوده إلى الساحل المواجه للرياح مثلما هو الحال على ساحل البرازيل الشرقى وساحل جنوب شرق إفريقيا.

أما عندما يمر تيار بارد أمام الساحل فيكون فى هذه الحالة سببا فى تكون الضباب وقلة المطر حيث تبرد الكتلة الهوائية ويتكثف ما بها من بخار الماء على البحر قبل وصوله إلى اليابس.

بالنسبة للتباينات الحادة فى توزيع الأمطار على العالم، نجد مناطق لا يحدث فيها تساقط بأى نوع لفترات طويلة مثل بعض المناطق الصحراوية المدارية كالربع الخالى أو صحراء أتكاما أو مناطق واسعة من الصحراء الكبرى الإفريقية، بينما فى مناطق أخرى تسقط الأمطار بشكل غزير سواء على مدار السنة مثلما هو الحال فى المناطق الاستوائية بحوض الأمازون أو جزر الهند الشرقية، أو يسقط فصليا مثلما الوضع فى الهند حيث الأمطار الموسمية الغزيرة وخاصة على السفوح الجنوبية لجبال الهيمالايا. ففى الهند تسقط ببلدة تشيرابونجى أمطار غزيرة، وقد سجلت بها أكبر كمية مطر سنوى فى العالم بلغت ٢٦٤٦١ ملليمتر (١٠٤٢ بوصة) يسقط منه خلال فصل الصيف (ستة أشهر) ٢٢٤٥٤ ملليمتر (٨٨٤ بوصة)، وكانت أكبر كمية مطر سقطت فى يوم واحد ١٨٧٠ ملليمتر (٧٤ بوصة) سجلت فى جزيرة رونيون Reunion بالمحيط الهندى.

ثامنا: الرياح :

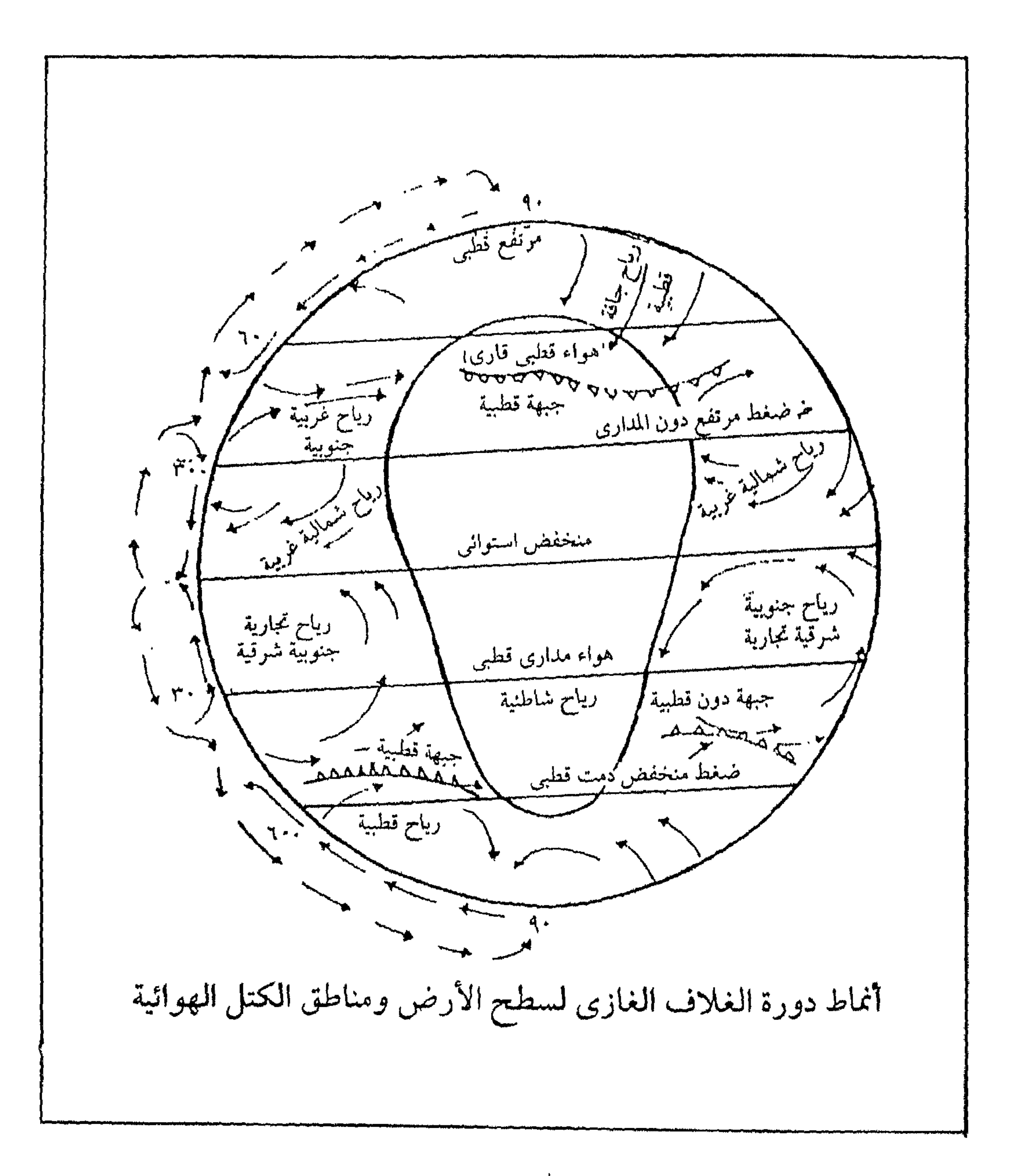
تتأثر الرياح بثلاثة عوامل تتمثل فى: الضغط الجوى air pressure ، ودوران الأرض earth rotation ، والاحتكاك friction.

وفيما يلى إيجاز لخصائص هذه العوامل المؤثرة فى الرياح:

(١) الضغط الجوى :

يختلف الضغط الجوى من منطقة إلى أخرى على سطح الكرة الأرضية، وعادة لا يزيد الضغط الجوى المرتفع عن ١٠٤٠ ملليبار، ونادرا ما يقل الضغط الجوى عن ٩٦٠ ملليبار، ومن ثم فإن الفارق فى الضغط لا يمثل أكثر من ٨ ٪ من متوسط الضغط الجوى، وهذا ما يجعله غير كاف لتحريك الهواء حركات أفقية كبيرة على سطح الأرض بدون تأثير عوامل أخرى. ففى مناطق الضغط الجوى المرتفع (وأضداد الأعاصير) يؤدى ثقل الغلاف الجوى إلى إجبار الهواء على التفرق عند مستوى سطح الأرض (شكل ٢٨) وتحركه نحو مناطق الضغط الجوى المنخفض.





أنماط دورة الغلاف الغازى لسطح الأرض ومناطق الكتل الهوائية

(شكل ٢٧)

وهكذا تكون مناطق الضغط الجوى المنخـفض المحاطة بمناطق الضغط الجوى المرتفع مناطق لتـلاقى الرياح قرب سطح الأرض تعتـمد فيـها سـرعة الرياح على درجة الانحدار البارومترى* والعكس مع تباعد خطوط تساوى الضغط عن بعضها.

(٢) دوران الأرض : (قوة كريولى Coriolis Force)

كان يمكن للرياح أن تتـحرك من مناطق الضغط المرتـفع إلى مناطق الضغط المنخفض فى شكل خطوط مستقيمة مـتعامدة مع خطوط الضغط المتساوى، ولكنها فى الحقيقة لا تتحرك بهذا الشكل فوق سطح الأرض حيث تهب فى موازاة خطوط الضـغط أو بميل مخـتلف الدرجات،ولكنهـا فى كل الأحوال تـهب متـجهة نـحو الضغط المنخفض. واتجـاه الرياح نحو الضغط المنخفض بشكل مـائل يرجع أساسا إلى قوة أو مفـعول كريولى** الناتج بدوره بسـبب دوران الأرض من الغـرب إلى الشرق، ويزداد أثر هذه القوة مع زيادة سرعة الرياح.

(٣) الاحتكاك Friction

يؤثر الاحتـكاك على سرعة الـرياح وخاصة عند جـزئها السـفلى، ويلعب الاحتكاك مـتضافـرا مع قوة كـريولى دوره فى انحراف الرياح وهبوبـها بميل على خطوط الضغط المتـساوى فى اتجاهها نحـو مركز الضغط المنخـفض، وتبلغ درجة انحراف الرياح أو ميـلها إلى سطح الأرض نحو ٣٠ درجة تقل فـوق سطح البحر إلى ١٥ درجة فـقط، وذلك بسبب ضعف عـملية الاحتـكاك بمياه البحـر بالمقارنة باليابس.

الدورة العامة للرياح السطحية

تهب الرياح السطحـية من مناطق الضـغط الجوى المرتفع دون المـدارى نحو خط الاسـتواء مع انحـرافـها بسـبب دوران الأرض إلى اليـمـين فى نصف الكرة الشمالى northern - hemisphere وعلى يسـار اتجاههـا فى نصف الكرة الجنوبى، وهذه الرياح هى المعروفة باسم الرياح الـتجارية الشمالية الشـرقية فى نصف الكرة

(*) درجة اقتراب خطوط الضغط المتساوى من بعضها أو درجة ابتعادها عن بعضها.

(**) تختلف درجة انحراف الرياح بفعل دوران الأرض باختـلاف درجة العرض حيث يكون التناسب بينهما طردىا باتجاه القطبين، بينما لا يظهر أثر للانحراف عند خط الاستواء، وتنحرف الرياح على يمين اتجاهها فى نصف الكرة الشمالى وعلى يسار اتجاهها فى نصف الكرة الجنوبى.

الشمالى والجنوبية الشرقيـة فـى النصف الجنوبى حيث تلتقى هذه الرياح فى منطقة جبهة الالتقاء المدارية .i. t. c. z * التى يتغير موضعـها خلال السنة. حيث يتسبب التسخين الشديد فى حركة رأسيـة للهواء قرب خط الاستواء مكونا منطقة للضغط المنخفض تعرف باسم منطقـة المنخفض الاستوائى equatorial trough والتى يتغير موضعها تبعا لحركة الشمس الظاهرية بين المدارين، مدار السرطان cancer والجدى capricorn مع تحرك جبهـة الالتقاء المدارية .i. t. c. z تبعا لتغـير موضع المنخفض الاستوائى والتى عـادة ما تتكون داخله. وبسبب كون المنخفض الاسـتوائى منطقة تصعيد شديد للهواء، فهنا تكون الحركة الأفقية للرياح ضعيفة بشكل واضح يطلق عليها الرهو doldrums.

ويحدث فى الثـلاثينيات من خطوط العرض هـبوط هوائى يؤدى إلى تكون مناطق الضغط الجـوى المرتفع. وهنا يتحرك الهـواء الهابط نحو خط الاسـتواء فى شكل رياح تجارية (أشير إليها من قبل) وكـذلك يهب الهواء الهابط نحو الشمال والجنوب بعيدا عن خط الاستواء فيما يعرف بغربيات العروض الوسطى -mid - lati tude - westrlies تتجـه نحو الشـمال الشرقـى فى نصف الكرة الشمـالى ونحو الجنوب الشـرقى فى نصف الكرة الجنوبى حـيث مناطق الضـغط المنخفض قـرب دائرتى عرض ٦٠° شمالا وجنوبا (شكل ٢٨).

وجدير بالذكر أن التداخل بين اليـابس والماء فى نصف الكرة الشمالى يؤدى إلى اضطراب مسـارات الرياح الغربيـة فى العروض الوسطى، والغـربيات عمـوما رياح غير منتظمة وعنيفة تصاحبها أعـاصير واضطرابات جوية حيث تلتقى جبهات متباينة فى خصائصها كما سيتضح ذلك فيما بعد. أما الرياح التى تهب من المناطق القطبيـة ذات الهواء الهـابط شديد البـرودة إلى الخارج فإنهـا تنحرف تجـاه الغرب بشكل عام تشبـه فى ذلك التجاريات، حيث تهب نحـو الجنوب الغربى فى نصف الكرة الشمالى ونحو الشمال الشرقى فى نصف الكرة الجنوبى لتلتقى بالغربيات فى عروض السيتينات حـيث مناطق الضغط المنخفض، ويطلق على هذه الرياح الباردة الجافة اسم الرياح القطبية الشرقية polar - easterlies (شكل ٢٨).

(*) اختصارا لـ Inter - tropical - convergence - zone



الرياح الموسمية Monsoon

تتمثل الرياح الموسمية أفضل تمثيل فى جنوب شرق آسيا، وإن كانت تظهر فى مناطق أخرى من العالم مثل غرب إفريقيا وجنوب شرق أمريكا الشمالية واليمن.

وتنتج الرياح الموسمية بسبب الاختلاف فى درجة الحرارة بين اليابس والماء، فمنطقة جنوب شرق آسيا تقع بين بحار دافئة متمثلة فى المحيط الهندى ومناطق المحيط الهادى، وأكبر كتلة يابسة فى العالم (قارة آسيا)، ومن المعروف أن الكتلة اليابسة تكون شديدة الحرارة صيفا شديدة البرودة شتاءً الموسميات، معنى ذلك أن الموسميات تهب نتيجة للنمط المناخى القارى continentality بما يعنيه ذلك من تسخين سريع وتبريد سريع للكتل اليابسة الضخمة.

وتتأثر الموسميات أيضا بحركة الشمس الظاهرية فى العروض المدارية، وكذلك بتكون الجبهات fronts وملامح السطح والتيارات النفاثة jet streams فى أعالى التروبوسفير.

وفى حالة الموسميات الشتوية يتحرك الهواء البارد ضد الإعصارى من قلب آسيا باتجاه الصين والمناطق الواقعة غرب المحيط الهادى، وتنحرف هذه الرياح الباردة على يمين اتجاهها لتمر بالعديد من أشباه الجزر والأرخبيلات archipelagos الجزرية بجنوب شرق آسيا فى شكل رياح شمالية شرقية، وتسبب هذه الرياح سقوط أمطار غزيرة جنوب شرق الهند وجزيرة سيلون بسبب تشبعها ببخار الماء من خليج البنغال الدافئ نسبيا فى الشتاء. بينما يتوقف هبوب هذه الرياح على معظم الهند وسهل الكانج بسبب تكون ضغط مرتفع فوقها.

أما الرياح الموسمية الصيفية فيحدث خلال فصل الصيف أن تتحرك جبهة الالتقاء المدارية نحو نصف الكرة الشمالى، ويتم تسخين وسط آسيا والهند، وتتكون مناطق للضغط المنخفض وخاصة شمال الهند (سهول الكانج) ومن ثم تستقبل رياحًا جنوبية غربية تعد امتدادا طبيعيا للرياح التجارية الجنوبية الشرقية فى نصف الكرة الجنوبى، انحرفت بعد عبورها خط الاستواء على يمين اتجاهها لتصبح جنوبية غربية وتمر فوق مسطحات مائية واسعة من المحيط الهندى تتميز بدفئها مما

يؤدى إلى زيادة تشبع الرياح التى تمر فوقها ببخار الماء بحيث إنها عندما تصل إلى الساحل الهندى تتخلص من كميات ضخمة من مياه الأمطار التى تحملها وخاصة على مرتفعات الغابات الغربية والسفوح الجنوبية لجبال الهيمالايا التى تقف عقبة أو حاجزا أمام استمرار توغلها شمالا وشمالا بشرق، وجدير بالذكر أن الهند ككل لا تسقط على كل أنحائها أمطار صيفية، حيث توجد مناطق جافة كثيرة فى هضبة الدكن وخاصة تلك الواقعة فى الجوانب الشرقية لمرتفعات الغابات الغربية. (الواقعة فى منصرف الرياح)

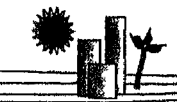
الرياح المحلية :

ترتبط هذه الأنواع من الرياح بظروف محلية وبالتالى يقتصر أثر كل منها على مناطق محدودة.

تنقسم الرياح المحلية إلى رياح محلية حارة منها: رياح الخماسين، والهرمطان. ورياح دافئة منها: الفهن، والشنوك. ورياح باردة منها: المسترال، والبورا.

أولا: الرياح المحلية الحارة :

(أ) الخماسين : رياح شديدة الحرارة تهب فى شكل رياح قوية محملة بالرمال والأتربة التى تأتى بها من جنوب الصحراء الغربية فى مصر نحو الأراضى المصرية فى الشمال، وتنتج عن مرور منخفضات جوية قادمة من الغرب تنجذب إليها هذه الرياح، وهذه المنخفضات تتحرك فى مسارات يمتد بعضها على طول الساحل المتوسطى الشمالى فى مصر وخاصة أواخر فصل الشتاء وأوائل الربيع والبعض الآخر يتحرك على طول امتداد الصحراء الغربية (عند خط عرض ٢٨° تقريبا)، وعادة ما تتسبب هذه المنخفضات فى هبوب رياح خماسينية متأخرة فى أواخر الربيع وأوائل الصيف، وعادة لا تستمر الموجات الخماسينية أكثر من يومين أو ثلاثة أيام، وتتميز الموجات الخماسينية التى تهب فى فبراير ومارس بأنها موجات قصيرة وتأثيرها ضعيف نسبيا، أما الموجات التى تهب فى أبريل ومايو فإن تأثيرها يكون أكثر وضوحا بسبب ارتفاع درجة الحرارة ارتفاعا كبيرا لمدة قد تصل إلى أكثر من ثلاثة أيام. ولهذه الرياح آثار سلبية على الحياة النباتية حيث يصحبها



انخفاض حـاد فى الرطوبة النسبيـة بسبب جفافـها الشديد وارتفاع درجـة حرارتها بجانب ما تحمله من كميات ضخمة من الرمال العالقة، ولذلك تتأثر بها المحاصيل الزراعية وخاصـة محاصيل الفاكهة فى القليوبيـة والجيزة (يوسف فايد، ١٩٧٣، ص ٦٠)، بجانب ذلك فإن لـها أثرها السلبى على صحة الإنسـان من خلال ما تجلبه من أتربة ورمال يتسبب عنها العديد من الأمراض.

(٢) السيـروكـو : رياح حارة عنـيفة تهب من شـمال إفـريقيـا باتجاه أوروبا وخاصة نحو جنوب إيطاليا واليـونان. وتهب هذه الرياح فى فصل الربيع،وتتميز بارتفاع رطوبتها نتـيجة لمرورها على مياه البحر المتوسط مما يسـبب الشعور بالضيق عند التعرض لها، كـذلك فإن لها آثارها السلبية على النباتات البـستانية فى جنوب أوروبا.

(٣) الهرمطان : تهب خلال الشتاء والربيع من الصحـراء الكبرى فى إفريقيا نحو ساحل غانا وغرب إفريقيا حـيث يجذبها المنخفض الاستوائى، ويؤدى هبوبها بما تحمل من رمال وأتربة إلى الإضـرار بالعديد من المحاصيل لهـذه المنطقة مثل: زراعة القطن فى نيجيريا؛ مما دفع بالمزارعين إلى عـمل أسوار للحماية منها بزراعة أشجار نخيل الزيت.

ويظهر أثر هذه الرياح المتـربة على مسافات بعيـدة من الساحل داخل خليج غانا. وتوجد رياح حارة أخرى مثل: الهبوب فى السودان، والسولانو فى المغرب، والسموم فى السعودية، والأذيب على ساحل البحر الأحمر فى مصر، والطوز فى الكويت.

ثانيا : الرياح المحلية الدافئة :

وهى من الرياح المحلية التى تعمل علـى تلطيف الجو البارد فى المناطق التى تهب عليها، بجانب ما ينتج عن هبوبها من دفء يساعد على سرعة نمو المحاصيل خاصة أشجار الفاكهة مثل أشجار التفاح فى سويسرا. وأهم هذه الرياح :

(١) رياح الفـهن : تتمـيز بالدفء والجـفاف وتنتج عن تكون منطقـة ضغط مرتفع جنوب جـبال الألب الأوربية فى منطقة سـهل لمبارديا مع مرور منخـفضات جوية وسط أوروبا، تعـمل هذه المنخفضات على جـذب الرياح من منطقة جنوب

الألب حيث يصعد الهواء أعالى السفوح الجنوبية لهذه الجبال ثم يهبط نحو الشمال، ويؤدى ذلك الهبوط إلى تسخين الهواء تسخينا أدياباتيا (أو حركيا) يضاف إلى ذلك ما يخرج إلى الجو من حرارة (كانت كامنة) بعد حدوث عمليات التكاثف، وقد تصل درجة الحرارة عند هبوب هذه الرياح إلى ١٢ درجة مئوية مما يؤدى ـ كما سبق القول ـ إلى سرعة نضج محاصيل الفاكهة جنوب سويسرا وجنوب كل من ألمانيا والنمسا.

(٢) رياح الشنوك* chinook : تشبه رياح الفهن، وتهب فى الشتاء والربيع من الغرب إلى الشرق باتجاه السفوح الغربية لسلسلة جبال الروكى، ثم تصعد هذه الجوانب لتنحدر نحو السفوح الشرقية بشكل عنيف، ويؤدى هبوبها إلى رفع درجة الحرارة، وينصهر الجليد المتراكم على الأجزاء التى تهب عليها، ويؤدى هبوبها كذلك إلى الإسراع بعمليات النمو والنضج بالنسبة للمحاصيل الزراعية.

ثالثا : الرياح المحلية الباردة

(١) رياح المسترال : رياح شديدة البرودة تهب خلال فصل الشتاء من وسط فرنسا على طول امتداد وادى الرون فيما بين هضبة فرنسا الوسطى وجبال الألب ـ وتنجذب هذه الرياح السريعة نحو مسارات المنخفضات الجوية بالبحر المتوسط، وهى من الرياح الضارة التى يؤدى هبوبها إلى إتلاف المحاصيل الزراعية على طول ساحل الريفييرا الفرنسية.

(٢) رياح البورا bora : تشبه رياح المسترال، تهب تجاه البحر الأدرياتى وتأتى من شرق أوروبا عبر جبال الألب الدينارية وهى شديدة البرودة وسريعة، يسبب هبوبها أضرارا بالمناطق التى تتعرض لها. ويوجد فى البرازيل رياح باردة تسمى رياح « بامبيرو » تهب من جهة الجنوب الغربى خلال فصل الشتاء.

(*) تسمى بلغة الهنود الحمر شنوك ومعناها آكلة الثلوج أو آكلة الجليد.



نسيم البر والبحر :

يتميز نسيم البر والبحر فى العروض الدنيا بقوته وأثره الواضح بالمقارنة بالعروض الوسطى، ويرجع ذلك إلى أن الإشعاع الشمسى فى الأولى أقوى والتباين الحرارى بين اليابس والماء أكبر.

ونسيم البر والبحر رياح هادئة بشكل عام تتحرك ما بين اليابس والماء فى شكل عمودى على خط الشاطئ، وتعد صورة مصغرة من النظام الموسمى ولكنه حركة يومية وليست فصلية.

يهب نسيم البحر نحو اليابس نهارا وقد يتوغل لمسافة تصل أحيانا إلى نحو عشرين كيلو متر من خط الشاطئ، ويرجع وصوله لهذه المسافة البعيدة نسبيا عن خط الاستواء إلى عدم وضوح « قوة كريولى » فى تلك العروض، كذلك يظهر أثره فى السواحل المدارية الجافة وخاصة تلك التى تمر بموازاتها تيارات باردة.

ويؤدى هبوب نسيم البحر إلى تلطيف الجو، أما نسيم البر فهو أضعف بشكل عام من نسيم البحر ويهب ليلا بعد أن يكون اليابس قد فقد حرارته بالإشعاع الأرضى فى الوقت الذى ما زالت فيه مياه البحر محتفظة بأكبر قدر من الحرارة التى اكتسبتها خلال النهار، ويؤدى هذا التباين بالطبع إلى هبوب النسيم من البر إلى البحر (شكل ٢٩).

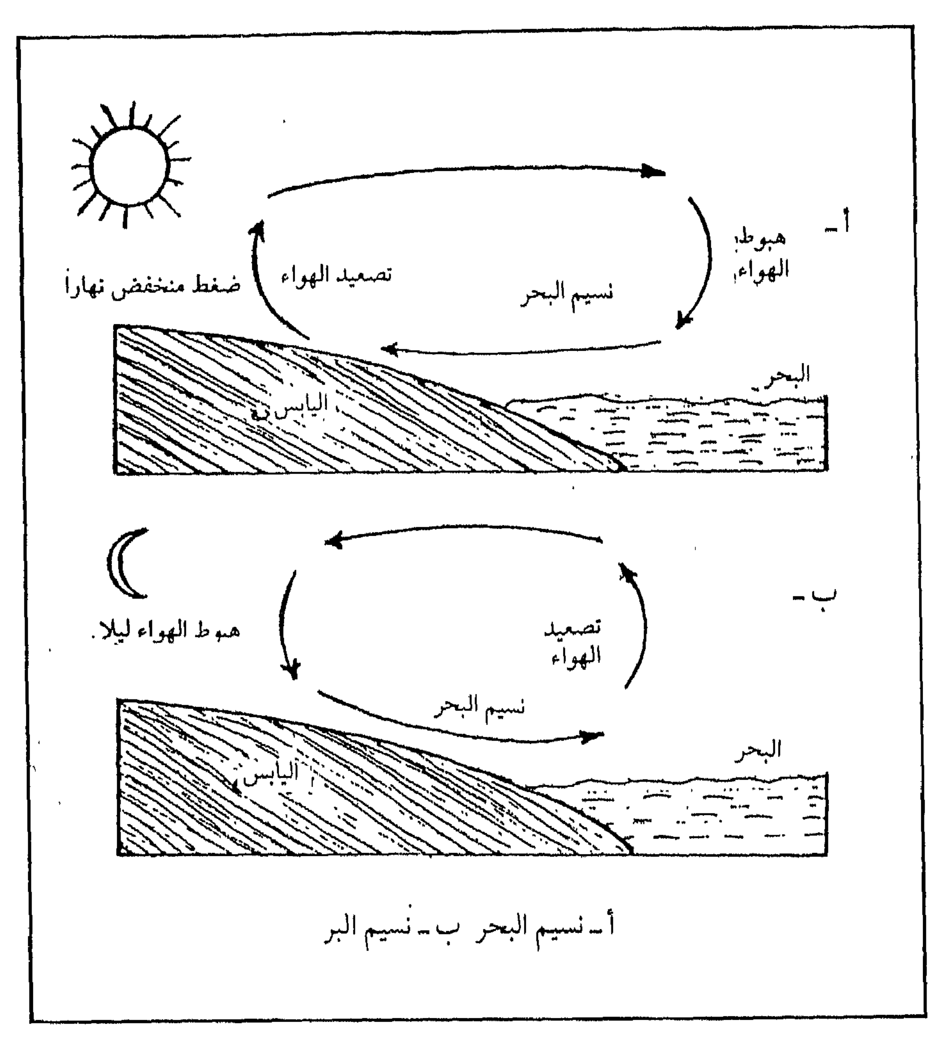
الكتل الهوائية Air - Masses

الكتل الهوائية عبارة عن كتل ضخمة جدا فى الجزء السفلى من طبقة التروبوسفير تتجانس تجانسا كليا أو جزئيا فى خصائصها من حيث الحرارة والرطوبة humidity .

وتنمو هذه الكتل وتتطور فوق مساحات محيطية أو قارية أثناء سيادة ظروف مناخية ضد إعصارية حيث الهواء الراكد والحركة الرأسية الضعيفة، وفى حالة تجانس الهواء فى حرارته ورطوبته تتكون ما تعرف بالكتلة الهوائية.

وتصنف الكتل الهوائية حسب مناطق نشأتها الأولى (أو مناطقها الأصلية)، ويدل حرفا c و m على مصدرها القارى أو البحرى continental or





أ ـ نسيم البحر ب ـ نسيم البر

(شكل ٢٨)

maritime . وحرف T تعنى أن الكتلة مدارية و E استوائية و P قطبية فمثلا كتلة هوائية mE تعنى أنها قادمة من منطقة بحرية استوائية .

وأثناء تحرك الكتلة الهـوائية من مناطقها الأصلية إلى مـناطق أخرى تختلف فى خصائصها المناخية ، فإنها تتعدل وتتـغير بعض خصائصها الأولى مثلما يحدث مع الكتل المدارية البحرية التى تمر على غرب أوروبا فى شـهرى مايو ويونيو حيث غالبا مـا يتكون الضباب فى جنوب وغرب بـريطانيا أثناء قدومهـا . كذلك يحدث

اضطراب وعدم استقرار جوى عندما تمر كتلة بحرية قطبية mp (maritme polar mass) شمال شرق الأطلنطى متحركة تجاه الجنوب فوق مياه دافئة.

الأعاصير والجبهات Cyclones and Fronts

عندما تلتقى تيارات هوائية من مصدرين مختلفين تكون الظروف فى هذه الحالة ملائمة لتكون الجبهات فى عملية تعرف بـ frontogenesis.

وتعد الجبهة القطبية أنشط الجبهات حركة فى الغلاف الجوى، حيث تتكون وتتطور بها منخفضات depressions أو أعاصير، وتبدو هذه الجبهة فى شكل مجموعة من الجبهات يتكون بعضها فوق اليابس والبعض الآخر فوق المحيطات.

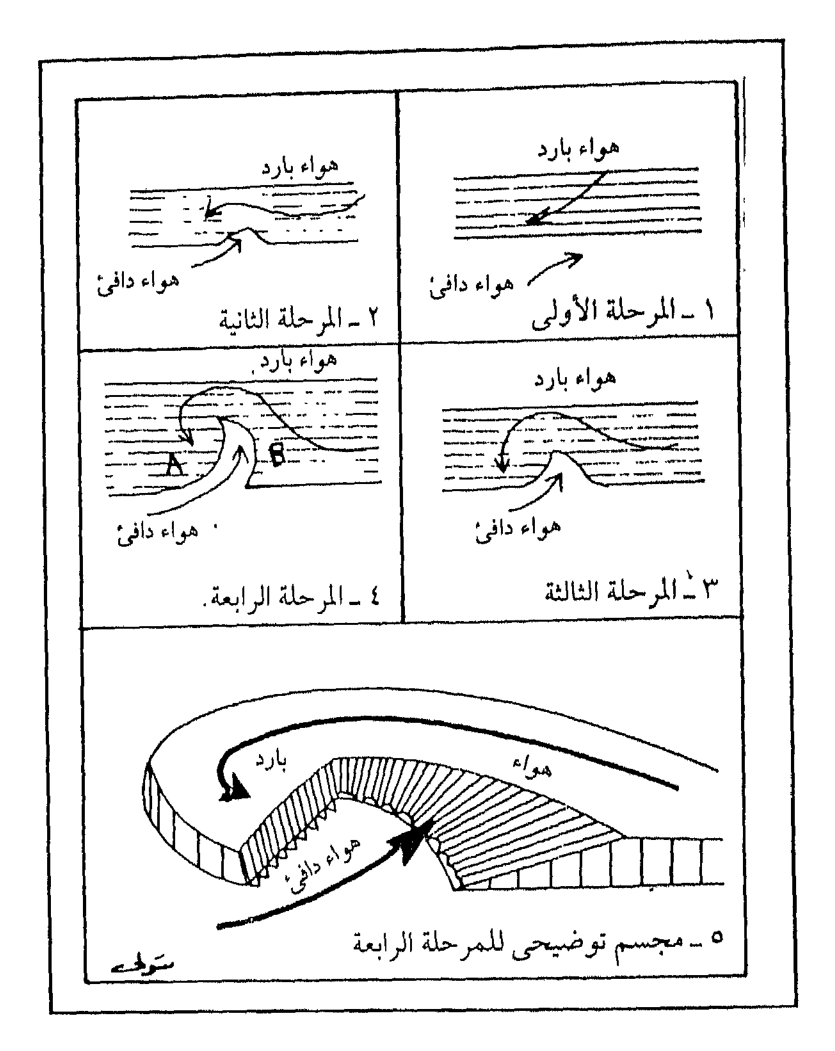
ومن الجبهات أيضا الجبهة المدارية، وتتكون قرب خط الاستواء مع تلاقى كتلة هوائية لا تختلف عن بعضها كثيرا فى خصائصها من حرارة ورطوبة وسرعة؛ ولذلك فهى من الجبهات الضعيفة الهادئة ذات الأثر المناخى المحدود.

وفى أقصى الشمال وأقصى الجنوب توجد الجبهة المتجمدة، أما الأعاصير وأضرارها فتظهر هنا فى شكل دوائر مغلقة، وتسود الأعاصير بشكل خاص بين خطى عرض ٣٥ و ٦٥ شمالا وجنوبا، ولذلك فهى تتحرك مع اتجاه الرياح الغربية السائدة فى هذه العروض، وتختلف أحجام الأعاصير، ولكنها عادة ما تغطى مساحات واسعة تزيد فى كثير من الأحيان على مليون كيلو متر مربع.

ويبدأ تكون الإعصار عندما يتفوق الهواء الدافئ على الهواء البارد على طول جبهة التقائهما، ومع استمرار هذا التفوق يزداد الإعصار نمواً وقوة، ويسود الهواء الدافئ المدارى فى جزئه الجنوبى والجنوبى الشرقى، بينما الهواء البارد الجاف القطبى فى جانبيه الغربى والشمالى الغربى، ويصعد الهواء الدافئ فوق الهواء البارد على طول الجبهة الدفيئة بينما يتقدم الهواد البارد باتجاه الجنوب ليدفع الهواء الدافئ إلى أعلى ويحل محله فى منطقة الجبهة الباردة، ويستمران فى تقدمهما نحو بعضهما البعض إلى أن تلتقى الجبهتان، وفى النهاية يمتلئ الإعصار. بمعنى آخر يقضى الهواء البارد على الهواء الدافئ ويدفعه إلى أعلى.

وعادة ما تأتى الأمطار فى مصاحبة الإعصار بينما يسود هواء بارد وسماء صافية أثناء مرور ضد الإعصار (شكل ٢٩).





تكون الأعاصير (شكل ٢٩)

العواصف المدارية Tropical Storms :

العواصف المدارية عبارة عن انخفاض حاد فى الضغط الجوى أطلق عليها كريشفيلد الأعاصير أو الهريكين hurricanes، وهذه العواصف المدارية تختلف عن الأعاصير السابقة المميزة للعروض المعتدلة فى عدة جوانب أهمها ما يلى:

(أ) أن العواصف المدارية ليس لها جبهات.

(ب) انخفاض الضغط الجوى داخل العواصف المدارية حيث يصل البارومتر ٩٠٠ ملليبار فقط فى مركز الهريكين.

(جـ) عادة مـا يكون المطر غزيراً فى المناطق التى تتعـرض للعواصف المدارية باستثناء مركـز العاصفة الذى دائما ما يكون جافا، وقـد سجلت فى إحدى مرات هبوب الهيركين كمية مطر يومى قدرها ١٠٠٠ ملليمتر.

(هـ) يتميـز مركز الإعصار المعـتدل بأنه منطقة هواء صاعـد، بينما فى عين العاصفة المدارية يحدث هبوط هوائى.

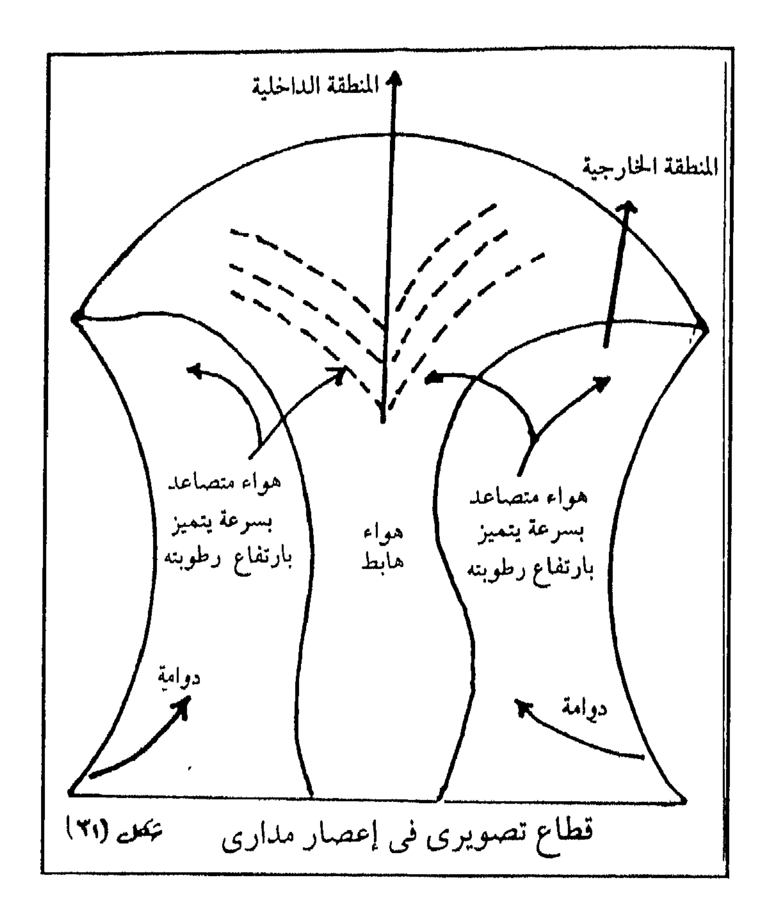
(و) تقل أحجام العـواصف المدارية بالمقارنة بالأعاصيـر فى المناطق المعتدلة، حيث تبلغ أقطار العـواصف المدارية ما بين ١٥٠ ـ ١٠٠٠ كم تحيط مـركزا (عين الإعصار) اتساعه نحو ٢٥ كم تعلوه سـحابة ركامية برجية towering cumulus، والواقع أن طاقة التـصعيـد تأتى مرة أخرى من التكاثـف وإطلاق الحرارة الكامنة، ويقـدر بأن الطاقة الداخلة فى الهـيريكين نتـيجـة التكاثف تساوى عـدة آلاف من القنابل الذرية (Wilcock D, 1983, P136) كما تبلغ كمية الرطوبة بها ٥ بلايين طن أو أكثر.

تبلغ سرعـة الهريكين أكثر من ١٢٠ كـيلو متر فى السـاعة تصحبـها أمطار غزيرة وغمر بحرى عاصف وأمواج ترتفع إلى أكثر من خمسة أمتار، تسبب تدميراً شديداً للمناطق التى تتعرض لها، وعندما تجتـار مياه المحيط تصبح أقل عنفا بسبب تناقص بخار الماء بها. والحقيقة أنه من الصعب الفهم الكامل لنشأة الهريكين وبداية تكونها، فـالهريكين تتكون عندمـا تنتقل جـبهة الالتـقاء المدارية* بعيـدا عن خط الاستـواء ما بين دائرتى عـرض ٥ ـ ١٠ شمالاً وجنوباً فـوق المسطحات المحـيطية حيث ترتفع درجة الحرارة إلى ٢٧م، وتلعـب قوة كريولى دورها فى زيادة قوة هذه العواصف المدارية، وعادة ما تتركز هذه العواصف (الهريكين) فى الأجزاء الغربية من المحيطات حيـث يبلغ سمك الطبقة الهـوائية المشبعة بالرطـوبة أكثر من ٢٥٠٠ متر بينمـا يصل فى الأجزاء الشرقية المقـابلة ١٢٥٠ متر فقط، أما عن كيـفية بداية تكون هذه الهريكين فكمـا ذكرنا آنفا مازالت غيـر معروفة على وجه اليـقين حتى الآن (شكل ٣١).

الترنيدو tornadoes:

عاصفة رعدية thunder storm عنيفة للغاية وهى من الأنواع صغيرة الحجم التى تتميـز بالمحلية، وتبدو قمـعية الشكل تتكون من عنق ضـيق جدا من دوامات هوائية غاية فى السرعـة الدورانية تبدو كأنها مدلاة من سحب ركـامية باتجاه سطح

(*) نادرا ما تتحرك هذه الجبهة إلى الجنوب من خط الاستواء فى المحيط الأطلنطى.



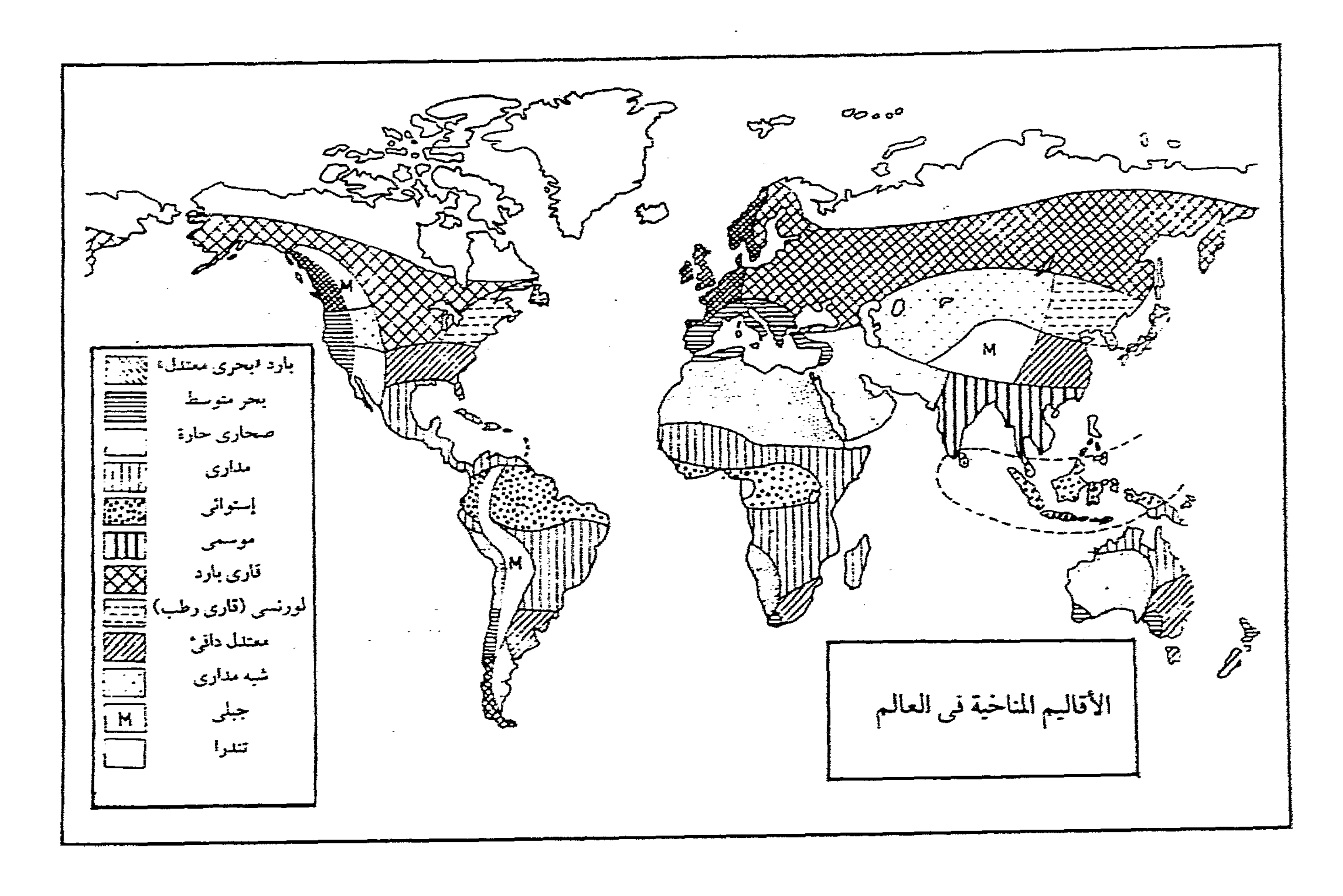
قطاع تصويرى فى إعصار مدارى شكل (٣١)

(شكل ٣٠)

الأرض، وإن كانت تمسة مسا خفـيفا ولا ترتكز عليه. وقطر التـرنيدو يصل إلى ١٠٠ متر فـقط وينخفض الضغط انخفـاضا حادا عند مركـزها؛ ولذلك فالرياح المصاحبة لها تكون عنيفة للغاية وشديدة السرعة بحيث تزيد أحيانا على ٥٠٠ كيلو متـر فى الساعة، وتتكرر هذه الظاهرة فى الوسط الغـربى الأمريكى أكثـر من مائة مرة فى السنة، وقد تنفجر المبانى التى تمر بها التـرنيدو بسبب الهبوط المفاجئ الحاد للضغط الخـارجى، ويبدو أنها تتكون عندمـا يحدث تباين حاد فى درجـة الحرارة والرطوبة بين الهواء القطبى والمدارى على جانبى جبهة باردة.

تاسعاً : أنواع المناخ فى العالم

(١) المناخ المعتـدل البحرى : ويعرف بمناخ غـرب أوروبا، يتمثـل فى الجزر البريطانـية، والمناطق المجاورة لغـرب أوروبا، وكولمبـيا البريطانيـة بكندا، وجنوب تشيلى، وجزيرة نيوزيلند الجنوبية (شكل ٣١).


الأقاليم المناخية فى العالم
بارد «بحرى معتدل»
بحر متوسط
صحارى حارة
مدارى
إستوائى
موسمى
قارى بارد
لورنسى (قارى وطب)
معتدل دافئ
شبه مدارى
جبلى
تندرا
M

(شكل ٣١)

ونظرا لتعرض هذه المناطق للرياح الغربية طوال العام فإنها تتميز بمطرها الدائم خلال فصول السنة المختلفة، وتبلغ كمية المطر السنوية ٧٥٠ ملم (٣٠ بوصة) قد تزيد عن ذلك كثيرا فى المناطق الجبلية المعرضة للرياح مثل مرتفعات أسكتلندا (جوانبها الغربية)، بينما تقل فى بعض المناطق الداخلية أو الواقعة فى منصرف الرياح، وترجع أمطار هذا النظام المناخى إلى الأعاصير التى تمر فوقه فى فصول السنة المختلفة، يزيد من تأثيرها وجود المرتفعات فى بعض الأجزاء. ويتميز كذلك بعدم وجود فصل جاف، مع تركز قمة المطر فى فصلى الشتاء والخريف. يتميز هذا النظام المناخى ـ أيضا ـ بكثرة الضباب وخاصة على السواحل شمال غرب أوروبا فى فصلى الشتاء والخريف، وتقل العواصف الرعدية باستثناء فترات من فصل الصيف حيث تتعرض لبعض العواصف بسبب ارتفاع درجة الحرارة وخاصة فى المناطق الداخلية مثلما يحدث فى باريس التى تتعرض لعواصف رعدية يتراوح عددها من ٥ ـ ٦ مرات خلال كل شهر من شهور الصيف (يونيو ويوليو وأغسطس).

وبالنسبة لدرجات الحرارة يتميز هذا الإقليم بالارتفاع النسبى فى درجات الحرارة خلال فصل الشتاء بسبب مرور التيارات الدافئة أمام السواحل، بينما تسود البرودة فترات محددة عندما يصل الهواء القطبى البارد، وفى فصل الصيف يؤدى هبوب الرياح الغربية إلى تخفيض درجة الحرارة.

(٢) مناخ البحر المتوسط : يتمثل هذا النظام المناخى فى جنوب أسبانيا والريفيرا الفرنسية، والوادى الأوسط بكاليفورنيا، ومنطقة الكاب فى جنوب إفريقيا، وفى الوادى الأوسط بشيلى، وسواحل دول المغرب العربى، وسواحل الشام وأقصى جنوب غرب أستراليا وغيرها من المناطق التى تهب عليها الرياح التجارية فى الصيف والرياح الغربية الممطرة شتاء.

وهكذا يتميز هذا المناخ بمطره الشتوى الذى يرتبط بمرور الأعاصير الشتوية التى تتحرك فى مسارات فوق البحر المتوسط خلال الشتاء فى نفس الوقت الذى تسيطر فيه مناطق للضغط المرتفع ومناطق من أوروبا الجنوبية، ولذلك تزداد كمية المطر فى هذا الفصل فى الجزء الجنوبى من إقليم البحر المتوسط، وفى فصلى الربيع

والخريف يحدث مع تزحزح مسارات الأعاصير شمالا أن تظهر قمتان للمطر فى الجزء الشمالى من إقليم البحر المتوسط فى هذين الفصلين مع زيادة كمية المطر على السفوح الغربية للمرتفعات بإيطاليا وأسبانيا وشرق البحر الأدرياتى، وتصل كمية المطر السنوى فى جبل طارق ٩١٠ ملم يسقط منها فى مارس ١٢٢ ملم.

أما فى فصل الصيف فنجد سيطرة تامة للضغط المرتفع الأزورى على منطقة البحر المتوسط، ولذلك يندر سقوط المطر (يوسف فايد، ١٩٧٣، ص ١٩٣) وأهم ما يميز الحرارة اعتدالها فى فصل الشتاء، وارتفاعها فى فصل الصيف، فحرارة مدينة مرسيليا الفرنسية تصل كمتوسط شتوى ٧ درجات وقد تنخفض إلى أقل من ذلك مع هبوب رياح المسترال، وتصل درجة الحرارة فى منطقة جبل طارق فى شهر يناير ١٣°م، وفى سان فرانسيسكو بولاية كاليفورنيا الأمريكية ٩م، بينما تصل حرارة يوليو فى كل منهما على الترتيب ٢٣°م و ١٤°م.

(٣) مناخ الصحارى الحارة : يتميز هذا المناخ بقلة أمطاره بشكل واضح مع ارتفاع درجة الحرارة وخاصة فى فصل الصيف، ويقع هذا النظام المناخى فى المناطق من العالم التى تسيطر عليها الرياح التجارية الشرقية طوال السنة، وتتمثل أكثر ما تتمثل فى إقليم الصحراء الكبرى، ذلك النطاق الجاف الممتد فى إفريقيا فيما بين إقليم مناخى البحر المتوسط حتى خط عرض ١٥ شمالا فى الجنوب، وتظهر فى غرب أستراليا، وفى صحراء أريزونا بالولايات المتحدة، وصحراء جنوب شرق إفريقيا، وصحراء الجزيرة العربية.

وفى صحراء إفريقيا فإن انخفاض نسبة الرطوبة النسبية فى الهواء المدارى القارى يؤدى إلى ارتفاع درجات الحرارة أثناء النهار ارتفاعا حادا، ولذلك تتميز بالمدى الحرارى اليومى الكبير، ويصل متوسط حرارة يناير إلى نحو ١٨م بينما متوسط حرارة الصيف قد يصل إلى ٤٨، وقد سجلت ببلدة العزيزية جنوب طرابلس بليبيا أعلى درجة حرارة فى العالم ٥٦,٥ خلال فصل الصيف. والأمطار فى هذا النظام المناخى قليلة جدا وتوجد مناطق بها تعد من أكثر بقاع الأرض جفافا، وقد لا تتلقى نقطة مطر خلال عدد من السنوات مثل صحراء إتكاما بأمريكا الجنوبية، ومناطق من صحراء غرب أستراليا. وقد تقل حدة الجفاف والحرارة بالاتجاه نحو أطراف هذه الصحراء نحو إقليم بحر متوسط أو الإقليم

المدارى الموسمى (راجع الشكل ٣١)، ففى الصحراء الكبرى الإفريقية نجد أن أطرافها الشمالية تتلقى بعض الأمطار الشتوية متأثرة فى ذلك بنظام البحر المتوسط، كما تتلقى أطرافها الجنوبية بعض الأمطار المرتبطة بمنطقة المنخفض الاستوائى والتى تتحرك شمالا فى شهر يوليو، يتضح ذلك فى مدينة تمبكتو على الحدود بين الصحراء والمناخ السودانى، والتى تتلقى كمية مطر سنوية تبلغ ٢٢,٥ سم يسقط منها فى يوليو ٨,٨ سم.

كذلك تلعب المناطق المرتفعة وسط المناخ الصحراوى دورها فى تعديل درجات الحرارة وتصعيد بعض الأمطار، وتظهر كجزر مناخية وسط نطاق صحراوى متسع، مثلما هو الحال فى مرتفعات تيبستى والأحجار، والأخيرة تبلغ أمطارها السنوية ٢٥ سم.

(٤) المناخ المدارى Tropical Climate

يتميز بصيف ممطر وشتاء جاف، وهو فى ذلك يكون عكس الحال فى مناخ البحر المتوسط، وترتفع الحرارة صيفا فتصبح مماثلة لحرارة المناخ الاستوائى بينما يتميز الشتاء بالدفء، فهذا النظام ببساطة يمثل مرحلة انتقالية بين المناخ الاستوائى وظروف المناخ الصحراوى المدارى، وعلى ذلك يزداد المطر بالاقتراب من الجهات الاستوائية ويقل بالاتجاه نحو الصحارى. ويبلغ متوسط درجة الحرارة فى شهر مايو ٣٢ درجة، أما فى الشتاء فتهب الرياح التجارية الشمالية متجهة نحو خط الاستواء وهى رياح جافة ذات تأثير ضار على الحياة النباتية وعلى الإنسان، وتصل كمية المطر السنوى فى منجلا جنوب السودان ٩٣ سم، وفى كنجستون بجامايكا ٨٤,٣ سم (٣٣,٣ بوصة)، وفى بولاوايو بإفريقيا ٦٣,٧ سم (٢٥ بوصة). وأهم مناطق هذا النظام المناخى معظم أمريكا الجنوبية باستثناء المنطقة الشمالية الغربية، يضم إليها النطاق الساحلى الشمالى من أمريكا الجنوبية، وهضبة البرازيل، ونطاق السافانا فى إفريقيا، وشمال أستراليا (شكل رقم ٣٢).

(٥) المناخ الاستوائى Equatorial climate

يصعب فى الحقيقة تحديد كل من الصيف والشتاء فى المناطق الملاصقة أو المجاورة لخط الاستواء، وذلك لأنها حارة طوال السنة، كما أن الأمطار تسقط بشكل تقريبى كل يوم من أيام السنة وخاصة بعد الظهر بعد أن تتم عملية التصعيد ويحدث التكاثف فى طبقات الجو العليا، فالمدى الحرارى السنوى يكاد لايذكر

فمثلا نجده فى سنغافورة درجة واحدة، وفى مدن زائير نحو ٣ درجات، بينما يزيد المدى الحرارى اليومى عن ذلك بكثير*. أما عن المطر فيزيد على ١٢٥ سم فى السنة كما لاتقل الحرارة عن ٢٠°م فى أى شهر، وتصل فى زائير إلى ١٧٠ سم، وفى سنغافورة ٢٤١ سم (بسبب موقعها البحرى).

والمطر من النوع الانقلابى (التصاعدى) Convectional type والذى يسقط فى شكل عواصف رعدية. وتختلف كمية الأمطار من منطقة إلى أخرى داخل هذا النمط المناخى فمثلا يمكن مقارنتها بين حوض الأمازون وحوض زائير فالمطر فى زائير يتراوح ما بين ١٥٠ و ٢٠٠ سم ومتوسط حوالى ١٧٠ سم، بينما يتراوح فى الأمازون بين ٢٠٠ و ٢٥٠ سم، ويرجع ذلك إلى وجود هضبة شرق إفريقيا التى تمثل عائقا أمام الرياح التجارية الجنوبية الشرقية، عكس الحال مع حوض الأمازون الذى يقع فى مواجهة الرياح التجارية، والرطوبة النسبية مرتفعة فى هذا النظام المناخى بشكل ملفت.

(٦) المناخ الموسمى المدارى Tropical monsoon climate

يقع فى جنوب شرق كتلة أسيا فى الهند والصين ودول الهند الصينية، وكما عرفنا من الصفحات السابقة فإن هذا الإقليم يتميز بنظام مطر موسمى صيفى غزير يرتبط بنظام الرياح الموسمية الصيفية القادمة من المحيط الهندى حيث المياه الدافئة، ويسود الجفاف خلال شهور الشتاء باستثناء بعض المناطق مثل: سواحل جنوب شرق الهند، وجزيرة سيلون، وقد أشير من قبل إلى كميات المطر الغزيرة جدا التى تسقط فى بلدة تشيرابونجى بالسفوح الجنوبية للهيمالايا. وهنا نضرب مثلا بمدينة بومباى الهندية التى تبلغ أمطارها السنوية ١٨٣٤ ملم (٧٢,٢ بوصة) ومدينة هونج كونج ٢١٦٣ ملم (٨٥ بوصة) وتصل درجة الحرارة فى المدينتين السابقتين فى يناير ٢٤°م و ١٦ على التوالى وفى مايو ٣٠ و ٢٥. ولايزيد المدى الحرارى السنوى على ست درجات مئوية (راجع بالتفصيل خصائص المناخ الموسمى ص ١٥٦ من هذا الكتاب).

(٧) المناخ القارى البارد :

يتأثر المناخ القارى البارد فى كل من وسط آسيا وأمريكا الشمالية بالكتل القارية الباردة، وهذا المناخ لا يوجد فى نصف الكرة الجنوبى حيث لا توجد كتلة

(*) يبلغ المدى الحرارى اليومى نحو ست درجات مئوية.



قارية باردة ذات شأن فى تلك العروض العليا الجنوبية. ويؤدى بعد هذه المناطق عن البحر إلى انخفاض درجة حرارة الشتاء انخفاضا حادا، بينما فى الصيف ترتفع الحرارة وتماثل نفس الظروف الحرارية بالمناخ البحرى المعتدل غرب أوروبا، ومن ثم يتميز هذا المناخ بكبر المدى الحرارى السنوى الناجم أساسا عن الانخفاض الشديد فى حرارة الشتاء، والمطر هنا ليس غزيرا طوال العام وإن كان معظمه يسقط صيفا، وهو يسقط فى شكل ثلوج فى فصل الشتاء. ويبلغ المدى الحرارى السنوى فى مدينة فرخويانسك verkhoynsk ٦٦م حيث تبلغ درجة الحرارة يناير - ٥٠م وحرارة يوليو ١٦م، وتبلغ فى موسكو - ١١م فى يناير و١٩ فى شهر يوليو، أى أن المدى الحرارى السنوى بها ٣٠م. وتبلغ كمية الأمطار (التساقط ككل) فى فرخويانسك ١٣١م (٥,١ بوصة)، وفى موسكو ٥٣٤ ملم (٢١ بوصة)، وفى وينبج wi ninpeg ٥١٥ ملم (٢٠,٢ بوصة). ويمتد هذا الإقليم فى وسط آسيا كنطاق عرضى مستمر ويمتد إلى الشرق من إقليم غرب أوروبا حتى شبه جنزيرة كمشتكا وفى نفس عروضه العليا (شمال خط عرض ٤٥ شمالا).

ويوجد فى أمريكا الشمالية فى الجزء الأوسط من كندا والولايات المتحدة إلى الجنوب من إقليم التندرا (شكل ٣٢).

(٨) المناخ اللورانسى Lorentian climate

يحد هذا النظام المناخى نظام المناخ القارى الرطب من جهة الشرق. ويشبه مناخ غرب أوروبا فى كثير من الجوانب، عدا المدى الحرارى السنوى الذى يتميز هنا باتساعه، وترجع برودة الشتاء هنا بسبب تعرضه لهبوب الرياح الباردة والقادمة من الكتل القارية الباردة على الجانب الغربى منها، وتبلغ كمية المطر فى مدينة نيويورك الواقعة فى هذا النظام ١٠٦٩ ملم (٤٢,١ بوصة)، والمدى الحرارى السنوى ٢٤ درجة حيث تبلغ درجة الحرارة فى يناير - ١ م وترتفع فى يوليو إلى ٢٤م، راجع شكل رقم (٣٢) الذى يبين مناطق هذا النظام المناخى شرق أمريكا الشمالية، وشمال شرق الصين، وشبه جزيرة كوريا.

(٩) المناخ المعتدل الدافئ شرقى القارات :

يعرف هذا النظام المناخى أحيانا بمناخ الخليج أو المناخ الصينى، ويتميز هذا النظام المناخى بأمطاره الصيفية الغزيرة التى تشبه الأمطار الموسمية بالهند، وإن كان المطر دائم السقوط طوال السنة، وإن سقط معظمه فى الفترة من مايو إلى سبتمبر فى كل من الصين واليابان، وقد يتعرض فى الشتاء لهبوب موجات مناخية باردة من الشمال قد تسبب أمطارا غزيرة وأحيانا تهب عواصف ترابية يطلق عليها فى الصين « تراب بكين »، وتقل الأمطار وتسود الظروف القارية فى وسط الصين.

يتمثل هذا المناخ أيضا فى جنوب شرق أستراليا تمثله هنا مدينة سيدنى حيث تبلغ درجة الحرارة بها فى فصل الشتاء (شهر يوليو ١٢م) وفى يناير (الصيف) ٢٢م، ويبلغ المدى الحرارى السنوى نحو ١٠ درجات مئوية، أما عن التساقط فيبلغ المطر السنوى ١٢١٧ ملم (٤٧,٩ بوصة)، تتوزع على مدار السنة، وإن زادت فى شهور الصيف الجنوبى حيث يصل كمية المطر فى كل من يناير وفبراير ٩٤ ملم على التوالى.

ويظهر فى شرق وشمال شرق الأرجنتين وجنوب هضبة البرازيل حيث سهول البمباس الأرجنتينية التى تتميز بأمطارها الصيفية التى تقل بالاتجاه نحو الداخل مع ارتفاع درجة الحرارة صيفا وانخفاضها نسبيا فى الشتاء.

(١٠) مناخ العروض الوسطى شبه الجاف :

يظهر هذا النمط المناخى فى إقليم الهضاب المرتفعة بجبال الروكى بأمريكا الشمالية ووسط آسيا كما يتضح ذلك من الشكل رقم (٣٢)، ويتميز هذا المناخ بزيادة المدى الحرارى السنوى وقلة المطر بشكل كبير، ويظهر هنا نمط صحراوى بارد حيث يصل المدى الحرارى السنوى إلى أكثر من ٣٠ درجة وكمية المطر السنوى ٨٧ ملم (٣,٤ بوصة) يسقط معظمها فى فصل الصيف.

بجانب ما سبق من مناخات يوجد مناخ التندرا فى الأقاليم القطبية المتجمدة arcticregions فى نصف الكرة الشمالى والجنوبى الذى يتميز بشتاء طويل شديد البرودة وصيف قصير قد يتحول خلاله السطح إلى بقع من المستنقعات مع انصهار الجليد.

والمناخات الجبلية أيضا مثلما هو الحال على الأنديز والهيمالايا يعتمد فيها المناخ على درجة الارتفاع عن سطح البحر أكبر من الاعتماد على أى شىء آخر إلى جانب تأثره بدرجة التعرض لأشعة الشمس أو الحماية منها، ويصعب فى الواقع تصنيف الجبال ضمن أى نمط مناخى من الأنماط السابقة.





الغلاف المائى

(الهيدروسفير)

Hydrosphere



يتكون الغلاف المائى أساسا من ميـاه المحيطات والبحار التى تمثل ٨٦ ٪ من حجم المياه بالكرة الأرضيـة، تأتى المياه الجوفية بعد ذلك بنسبـة ١٢ ٪، أما النسبة المتبقية فيتكون منها الجليد بالمناطق القطبية، وعلى بعض القمم الجبلية فى العروض الأخرى بجـانب مياه الأنـهار والبحـيرات وبخار الماء والسـحب العالقـة بالغلاف الجوى.

وفيـما يلى دراسة مـختصـرة لخصائص الغـلاف المائى بالبحـار والمحيطات والجليد والمياه الجوفية.

أولا ـ البحـار والمحيطات

مفهوم البحار وتصنيفاتها المختلفة

يشتمل لفظ بحار بمفهـومـه العام على كل البحار والمحيطات الموجـودة على سـطح الأرض بما فيهـا البحيرات المالحة والبـحار الداخلية (طريح، ١٩٨٥، ص ٥٥) ويختلف مفهوم البحر عن المحيط من خلال الخصائص التالية:

ـ أن مساحـة البحر أقل من مـساحة المحيط ولا تزيد فى الأغلب عن عـشر مساحة أصغر المحيطات وهو المحيط الهندى ٧٥ مليون كيلو متر مربع.

ـ عمق البحـر غالبا ما يكون أقل من ١٠٠٠ متر إلا إذا كـان بحرا أخدودياً إلى جانب مـا يميز مـياهها عن مـياه المحيطات من خـصائص طبيع ماوية وإحاطته باليابس من أكثر من جهة.

وتنقسم البحار على أساس صلتها باليابس من جانب وبالمحيطات من جانب آخر إلى:

(١) البحـار الهامشية marginal seas: توجد على أطراف المحيـطات وتتصل بها بشكل واضح عن طريق فتحات واسعة مثل البحر العربى وبحر الشمال وبحر برنج والبحر الكاريبى وخليج بسكاى، ويمكن اعتبار خليج عمان بحراً هامشياً لاتصاله بالمحيط الهندى من خلال فتحة متسعة.

(٢) البحـار المتوسطة (المتـوغلة فى اليـابس) : تتـصل بالمحـيطات من خـلال فتحات ضيقة تعرف بالمضايق straits وهى بذلك أكثر تأثراً باليـابس الذى يحيطها

ولذلك تختلف خصائص هذه البحار عن بعضها البعض من حيث الخصائص الطبيعية والكيماوية لمياهها باختلاف ظروف اليابس المحيط بها كما أنها تتأثر قليلا بالمحيطات التى يكون التبادل بينهما محدودا من خلال المضايق سابقة الذكر، ومن هذه البحار البحر المتوسط والبحر البلطى والبحر التيرانى والبحر الأسود والبحر الأحمر والخليج العربى.

(٣) البحار الداخلية Inland seas : وهى تماثل البحيرات حيث توجد داخل القارات ولا يوجد اتصال بينها وبين البحار أو المحيطات الأخرى. وتمثل فى حالات كثيرة بقايا بحار جيولوجية قديمة ومنها بحر قزوين والبحر الميت وبحر آرال.

نشأة البحار والمحيطات :

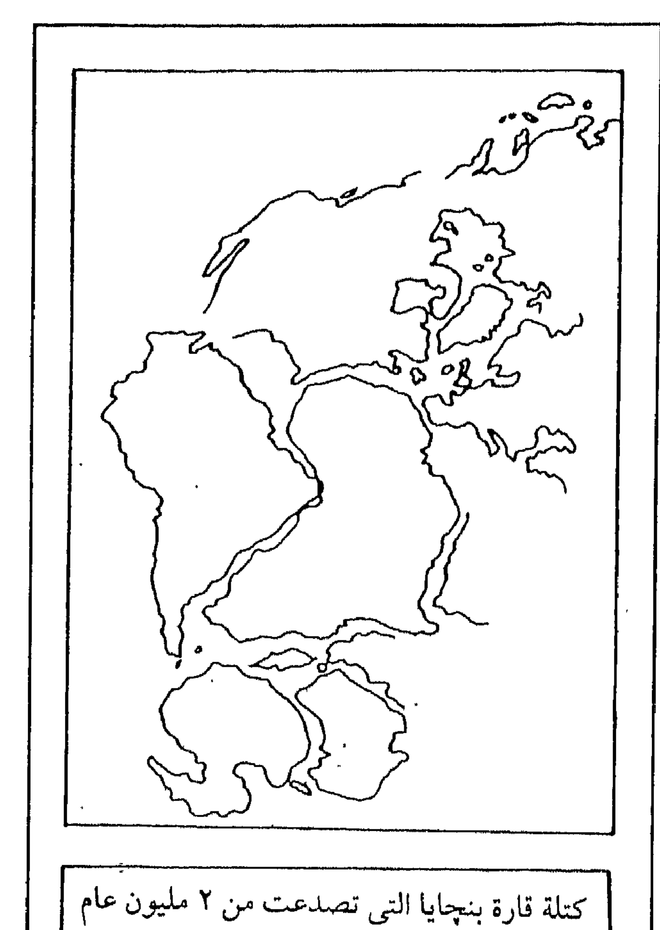
مازالت نشأة البحار والمحيطات محلا للنقاش العلمى ومجالا للأبحاث والدراسات المتعددة، وقد ظهرت نظريات عديدة لتفسير نشأتها سوف نتعرض لنظريتين منها ونكتفى بما ذكر سابقاً من تفسير حديث لنشأتها من خلال نظرية الألواح التكتونية.

(أ) النظرية التتراهيدية أو نظرية المنشور الثلاثى : صاحبها لوثيان جرين Lothi-an Green الذى وضعها سنة ١٨٧٥ والذى يفترض فى نظريته أن الأرض كانت فى حالة سائلة ثم بردت وتصلبت وانكمشت متخذة شكلا هرميا ثلاثيا تمتد رأسه فى الجنوب وقاعدته فى الشمال، تحتل البحار والمحيطات جوانبه المسطحة وتحتل القارات أضلعه وحافاته البارزة، وهذا الوضع وإن كان يتفق إلى حد كبير مع التوزيع الحالى لليابس والماء ورغم تأييد البعض له إلا أنها (النظرية) تجانب الحقيقة فيما يتعلق بطبيعة الأرض؛ ذلك لأن الدوران الأرضى لا يسمح لها بالثبات على هذا الشكل.

(ب) رأى لابورث C. Lapworth يشبه هذا الرأى لصاحبه لابورث البريطانى ما جاء فى نظرية لوثيان جرين التراهيدية،ويرى فيه أن الأرض فى بدايتها كانت رخوة حارة ثم أخذت تبرد بالتدريج مما أدى إلى نقص حجمها وتقلص قشرتها فى شكل غير منتظم مثلما يحدث لثمرة التفاح عندما تجف وتتجمد قشرتها،شغلت المحيطات



الأجـزاء السـفـلى منهـا بينمـا شـغلت القـارات الأجزاء البـارزة، ويمكن أن نتـفـهـم هذا الرأى إذا مـا عـرفنا أن الفــارق التـضـاريسى بالقـشـرة الأرضيـة الذى يبلغ نحو ٢٠ كـيلو مـتـر يمـثل ١/ ٦٣٧٥ من قطـر قطر الكرة الأرضـيـة وهو سمك رقـيق للغاية كـما يتضح من النسبة السابقة (طريـح، ١٩٨٥، ص ٧٥).



كتلة قارة بنجايا التى تصدعت من ٢ مليون عام

شكل (٣٢)

(جـ) نظرية الزحزحة أو الزحف القارى Continental Drift:

يعد العالم الألمانى ألفريد فجنر A. Wegener أول من تكلم عـام ١٩٢٢ عن احتمال حـدوث زحف للكتل القارية واقترح عندئذ نظريته للزحـزحة القارية:

يرى فجنر فـى نظريته أن اليابس كـان يمثل خـلال الزمن الجيولـوجى الأول كتلة متماسكة أطلق عليـها اسم قارة بانجاى Pangae وكان بحر تثس وبحار جـيولوجية أخرى تفصلها إلى قسمـين، قسم شمالى باسم لوراسيا Laurasia وجنوبى باسم جندوانا Gondwana، وكان خط الاستواء يمر بالأطراف الشـمالية منها ـ ثم بدأت فى التـمـزق منذ أواخـر الزمن الأول وخـلال الـزمن الثـانى بسـبب تعـرضـهـا

للتصدعات، وبدأت كل كتلة منها تتحرك بالزحف، وكان الزحف فى ثلاثة اتجاهات نحو الشمال ونحو الشرق ونحو الغرب (شكل رقم ٢٨) وقد أدى التحرك الشمالى إلى البعد عن القطب الجنوبى باستثناء القارة القطبية الجنوبية التى بقيت فى مكانها تاركة جندوانا تزحف شمالا مع غيرها من كتل يابسة، ومن أهم الأدلة على حدوث هذا الزحف وجود رواسب من تربة اللاتيريت الاستوائية فى جنوب ووسط أوروبا مع اكتشاف هياكل لحيوانات البيئات المدارية الحارة مثل النمور والفيلة فى قارة أوروبا، ومعنى ذلك أن خط الاستواء كان يمر بوسط قارة أوروبا وكانت جنوب إفريقيا فى نفس الوقت ممتدة حتى القارة القطبية الجنوبية.

أما الزحف الشرقى فقد بدأ بزحف معظم أستراليا وهضبة الدكن وشبه الجزيرة العربية عن جندوانا، وفى نفس الوقت زحفت كل من جرينلاند وأمريكا الشمالية وأمريكا الجنوبية عن كل من لوراسيا وجندوانا على الترتيب متجهة نحو الغرب، ويسوق فجنر أدلة على صدق هذا الزحف جهة الغرب من خلال التشابه بين السواحل الشرقية والسواحل الغربية للأطلنطى ليس فى الشكل فقط ولكن فى الصورة التركيبية والملامح الجيومورفولوجية التى ترجع إلى الزمنين الأول والثانى وكذلك التكوينات الجيولوجية حيث توجد أوجه شبه بين أنواع الصخور على سواحل كل من البرازيل وساحل غرب إفريقيا.

نشأة الحياة فى مياه البحار والمحيطات

عندما تكونت الأحواض المحيطية لم تكن المياه قد تكونت بعد، وكانت الأرض محاطة بغلاف كثيف من السحب، وهى التى أمدت الأرض بغلافها المائى، حيث إنه عندما بردت الأرض بدأت السحب تتكاثف وبدأت الأمطار تسقط بشكل غزير ومستمر إلى أن امتلأت هذه الأحواض بالمياه والتى كان جزء كبير منها ينحدر من القارات بما يحمل من صخور مفتتة ومواد مذابة جلبت الأملاح التى تميز مياه المحيطات حالياً.

بالنسبة لنشأة الحياة بمياه البحار فقد بدأت الصورة الأولى فى شكل مواد مثل النتروجين والفوسفات والبوتاسيوم كأشياء حية ميكرسكوبية تشبه البكتريا وكانت تمثل مرحلة ما بين الأشياء غير الحية والحية، وبعد أن انقشعت السحب وبدأت

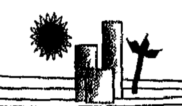
أشعـة الشمس فى الوصـول إلى سطح البحار تـكونت مادة الكلورفيل وبـتكونها أصبحت الأشياء الحـية تبنى جسمها من خلال امتصـاص ثانى أكسيد الكربون من الجو، وبدأت تظهر أشياء أخرى ليس من مكوناتها الكلورفيل ولكنها كانت تستفيد من النبات فى غذائها.

وبمرور الزمن بدأت صور الحياة تكثر وتتعـدد، فمن الحياة وحيدة الخلية إلى الحيوانات ذات الأعـضاء المختلفة للهضم والتنفس والتكاثر، ويبـدأ يظهر الأسفنج والمرجـان، وحـتى الآن لم تكن الحـياة قـد ظهـرت على سطح القـارات، وتدل الحفريات التى وجـدت (ترجع إلى ٥٠٠ مليون سنة) على أنه منذ فجـر العصر الكمبرى أن الحـياة بدأت بحرية، وبدأت تتطور بشكل سريع فظهرت المجـموعات الرئيسية من الحيوانات اللافقـارية، ولم تر القارات أولى صور الحياة إلا فى العصر السيلورى (منذ ٣٥٠ مليـون سنة) وكانت من نوع الزواحف اللافـقارية التى لم تقطع صلتها بالماء فـقد كانت برمائية ثم انتقلت بعد ذلك الـنباتات من البحار إلى القارات، وخـلال فترات تعـاقب طغيان مـياه البحـر على اليابس تكونت بيـئات انتقالية كانت مسرحا لحياة نباتية وحيوانية غنية، ومع تطور هذه العلاقة واستمرارها حدث تطور هام فى الحـياة البحرية الحيـوانية إذ تحولت زعانف بعـضها إلى أرجل وخياشـيمها إلى رئات وتحـولت بالتالى إلى حيوانات برية، ثم تـطورت الحياة فى المحيطات والقـارات وظهرت الطيور والثدييـات (راجع بالتفصيل فـايد، وصبرى محسوب، ١٩٩٢، ص ٣٣).

الصور التوزيعية للبحار والمحيطات

يتوزع اليابس والماء على سطح الأرض بشكل غيـر متعادل بين نصفى الكرة الأرضية الشمالى و الجنوبى.

من خريطـة العالم نلاحظ أن الماء يسـود بعد خط عرض ٥٠ درجـة جنوبا حتى خط عرض ٦٠ درجة جنوبا والأخير خط معروف لأن الماء عنده يحيط بالكرة الأرضية دون وجود يابس يذكر، يمتد منه اليابس فى ثلاثة أذرع كبرى هى المحيط الهادى الممـتد حتى مـضيق برنج والمحيط الهـندى بين إفريقيـا وأستراليـا والمحيط الأطلنطى بين الأمريكتين فى الغرب وكل من أوروبا و إفـريقيا فى الشرق، ويبدو



أن المحيطات تتداخل بين القارات فى شكل أشبه بأذرع متداخلة بعضها فى بعض وتبلغ مساحة المحيط الهادى ١٤٠ مليون كيلو متر مربع ويليه المحيط الأطلنطى بمساحة ٨٤,٥ مليون والمحيط الجنوبى أكثر من ٧٦ مليون والمحيط الهندى ٤٣,٥ مليون.

وبذلك تبلغ مساحة البحار والمحيطات ٣٦١ مليون كيلو متر مربع، أى ما يعادل ٧٠,٨ ٪ من المساحة الكلية لسطح الكرة الأرضية والتى تبلغ ٥١٠ ملايين كيلو متر مربع، بينما يشغل اليابس ١٤٩ مليون بنسبة ٢٩,٢ ٪ من مساحة الكرة الأرضية.

وترتفع نسبة الماء فى نصف الكرة الجنوبية عنها فى نصف الكرة الشمالية ففى النصف الجنوبى تشغل البحار أكثر من ٧٥ ٪ من جملة مساحته، بينما تشغل فى النصف الشمالى أقل من ٦٧ ٪، ويعد النطاق المحصور بين خطى عرض ٤٥ و ٧٥ شمالا النطاق الوحيد الذى يزيد فيه اليابس عن الماء، بينما يسود الماء ما بين خطى عرض ٤٠ و ٦٥ جنوبا بنسبة ٨١ ٪ .

وإذا ما وزعت مياه المحيط الجنوبى على المحيطات الثلاثة سابقة الذكر تصبح مساحتها كالتالى: المحيط الهادى (١٨٠ مليون) كم٢ يليه الأطلنطى بمساحة ١٠٦ كم٢ ثم المحيط الهندى بمساحة ٧٥ مليونا.

أما بالنسبة للحدود بين المحيطات فى الجنوب فنجد أن خط طول ١٤٧ شرقا يمكن اعتباره حداً فاصلاً بين المحيطين الهادى والهندى، وأن خط طول ٢٠ شرقاً حدا فاصلا بين المحيطين الهندى والأطلنطى، وأن خط طول ٦٧ غربا حد فاصل بين المحيطين الأطلنطى والهادى.

أما عن الخصائص العامة للمحيطات الثلاثة فيمكن إيجازها فيما يلى :

المحيط الهادى: مساحته ١٨٠ مليون كيلو متر مربع، فهو يعد بذلك أكبر المحيطات مساحة وأكثرها عمقا حيث يشغل نحو ٥١ ٪ من المساحة الكلية للمحيطات ويبلغ متوسط عمقه حوالى ٣٩٤٠ مترا حيث يوجد به أعمق الخوانق والأخاديد البحرية التى تظهر قرب الأقواس الجزرية فى شرق آسيا مما يدل على أثر التكتونيات فى

نشأتها، ويبلغ طول المحيط من الشمال إلى الجنوب ١٤,٨٠٠ كيلو متر واتساعه على طول خط الاستواء ١٦,٠٠٠ كيلو متر وتبلغ كمية مياهه ١٧٤ مليون ميل مكعب، ويمكنه أن يستوعب القارات كلها داخله، تتميز سواحله بالارتفاع وبالنشاط البركانى والزلزالى حيث الحلقة النارية المعروفة ring of fire.

ويوجد بالمحيط الهادى حوالى ٢٠ ألف جزيرة غير أن مساحتها محدودة باستثناء الجزر القارية القريبة من اليابس مثل جزر اليابان، وتكاد البحار الهامشية المرتبطة بالمحيط الهادى ترتبط بجانبه الغربى حيث يوجد عدد من البحار شبه المغلقة مثل بحر اختسك وبحر اليابان والبحر الأصفر وغيرها، بينما يكاد يخلو الساحل الشرقى من هذه البحار باستثناء خليج كاليفورنيا وهو خليج صدعى يفصل بين شبه جزيرة كاليفورنيا السفلى واليابس الأمريكى والمكسيكى.

المحيط الأطلنطى: تبلغ مساحته ١٠٦ مليون كم٢ وهو أقل عمقا من المحيط الهادى لاتصاله بمجموعة من البحار الضحلة مثل خليج المكسيك والبحر الكاريبى وغيرهما ويبلغ متوسط عمقه ٣٣١٠ أمتار ويعد أطول المحيطات من الشمال إلى الجنوب؛ لأنه مفتوح من هذين الاتجاهين، وعلى هذا فإنه يمتد لمسافة ١٦٠ درجة ويتميز هذا المحيط بكثرة مياه الأنهار التى تصب فيه.

وأهم ما يميز قاعه وجود الحافة الأطلنطية الوسطى التى تمتد من الشمال إلى الجنوب فى شكل حرف S تتسع فى الجنوب متخذة اسم هضبة تلجراف، وإن كانت الأحواض والأخاديد الغارقة به أقل بالمقارنة بالمحيط الهادى أو الهندى، والرصيف القارى واسع الامتداد عكس الرصيف القارى بالمحيط الهادى، وتكثر الجزر القريبة من اليابس مثل جزر بريطانيا وجرينلند فى الشمال ونيوفوندلاند وجزر أزرو وغيرها.

المحيط الهندى: أصغر المحيطات مساحة (٧٥ مليون كيلو متر مربع) وأقلها امتدادا نحو الشمال حيث إن الجزء الأكبر منه موجود فى نصف الكرة الجنوبى، وهو أكثر المحيطات تأثرا باليابس بسبب وجوده بين ثلاث قارات حيث إنه مغلق من الشمال بواسطة كتلة آسيا الضخمة ومغلق من الغرب حتى خط

عرض ٣٥ جنوبا بواسطة قــارة إفريقيا ومــن الشرق أستراليــا، وهو ثانى المحيطات عمقا بعد المحيط الهادى بمتوسط عمق ٣٨٤٠ مترا.

وتوجد بقاعه ســلاسل جبلية وأخاديد بحرية منها سلســلة سقطرة شاجوس وغيرها، ومن الأحواض الـعميقة حوض الهندى وحوض كــروزيت وحوض سهل الصومال العميق، وتمتد من المحيط الهندى بحــار مثل خليج البنغال والبحر العربى وخليج عــمان والبــحر الأحــمر، وتكثــر به الجــزر المرجانيــة مثل جــزر المالديف والأكاديف ورينيون، ومن الجــزر الكبيرة المساحــة جزيرة سيلون وجزيرة مدغــشقر وزنجبار وغيرها (راجع بالتفصيل فايد وصبرى محسوب. ١٩٩٢).

ثانيا ـ الجليد فى العالم

يغطى الجليــد فى الوقت الحــاضــر نحــو ١٠ ٪ من جمــلة مســاحــة سطح الأرض، وقد كانت تغطى فى الزمن الجيولوجى الرابع (البليستوسين) ٢٣ ٪.

ويعد الجليد من أكــثر العوامل الجيــومورفولوجية تأثيــرا فى مناطق العروض العليا وإبراز العديد من أشكال النحت والإرساب الجليدى.

وليست الغطاءات الجليدية ice caps والأودية الجليدية glaciers سوى بقايا لفرشــات أو غطاءات جليدية ice sheets كانت تغطى أمريكا الشمــالية ممتدة حتى نهر ميسورى وأوهايو فى الجنوب وكــانت تغطى أيضا قارة أوروبا حتى وسط ألمانيا وبولندا والجــزء الغــربى من روسيــا، وترجع هذه الغطاءات الجلــيدية إلى تعــرض العروض العليــا منذ نحو مليون ســنة لبرودة شديدة تزايدت على أثرها المســاحات المغطاة بالثلوج، وكذلك تزايد سمك التكوينات الثلجــية فى الأقاليم القطبية polar regions، وقد تحولت حــقول الثلج الواسعة بشكل تدريجى إلى جليد امــتد فوق معظم المناطق المنخفضة وبعض الجبال الممتدة فى عروض أدنى*.

(*) غطى الجليد فى البلستوسين ما يقرب من ٨ مليون ميل٢ فى نصف الكرة الشمالى نصف هذه المساحة فى امريكا الشمالية ونحو ٣ ملايين ميل٢ فى أورروبا ممتدا حتى جبــال أورال، وغطى مساحات فى نصف الكرة الجنوبى (أنتاركتيكا) وجزر تسمانيا ونيوزيلند وغيرها من الجزر.



وقد أطلق على الفترة التى كانت فيها العروض العليا مغطاة بالجليد بالعصر الجليدى ice age، ومع عودة الدفء أذيب معظم الجليد ولم يتبق سوى الغطاءات الجليدية فى القارة القطبية الجنوبية (أنتاركتيكا) وفى شمال سيبريا، كما تظهر الأودية الجليدية على منحدرات جبال الهمالايا والإنديز وجبال الألب الأوروبية، وجبال الروكى وكسكيد فى أمريكا الشمالية وكل هذه الأشكال الجليدية تشبه تماما ما كان موجودا خلال الفترات البليستوسينية.

وجدير بالذكر أن هناك علم الجلاسيولوجى Glaciology الذى يهتم بدراسة البلورات الجليدية ice crystals فى سحب السمحاق المرتفعة والبرد hail والثلج snow والبحيرات المتجمدة والأودية الجليدية والطبقات المتجمدة من المياه السطحية للمحيطات بالعروض العليا، ومع اهتمام علم الجلاسيولوجى بدراسة الجوانب المتيورولوجية والطبيعية والجيولوجية إلا أن الاهتمام الأكبر له يتمثل فى دراسة العمليات الجيومورفولوجية المرتبطة بالجليد.

ومع ذوبان الجليد عند نهاية العصر الجليدى تكونت كميات ضخمة من المياه التى تجمع بعضها فى المناطق المنخفضة مكونا بحيرات، وقد تكونت بحيرات فنلندا والبحيرات العظمى بأمريكا الشمالية بهذه الكيفية.

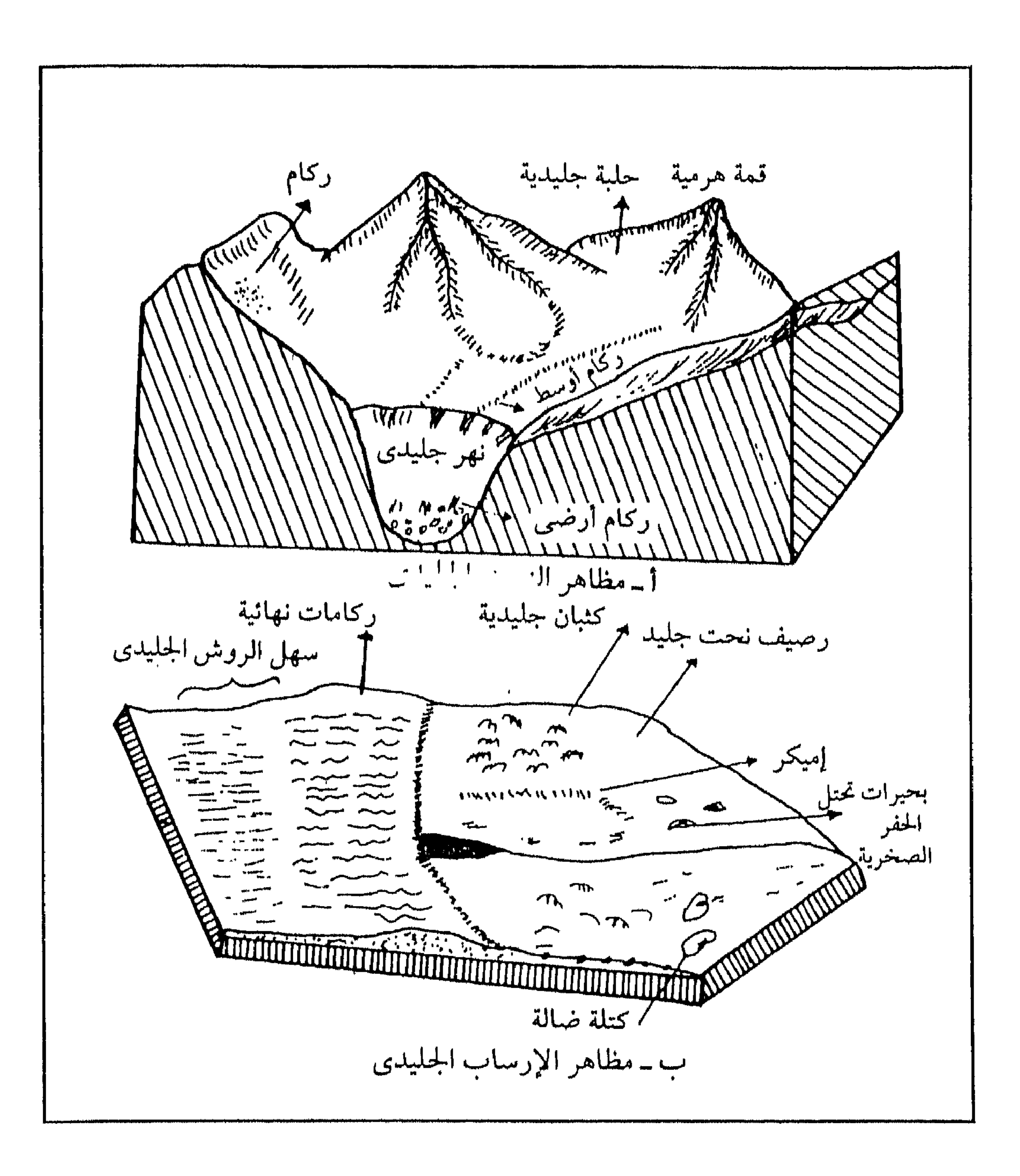
ولكن الجزء الأكبر من المياه انساب فى شكل أنهار اتجهت نحو البحار حاملة كميات ضخمة من الرواسب الركامية أرسبتها فى سهول خارج المناطق التى تعرضت للجليد، وهى سهول واسعة تعرف بسهول الردش الجليدى out wsh plains وتتكون هذه الرواسب من الرمال الخشنة.

التعرية الجليدية والظاهرات الناتجة عنها :

١ ـ ظاهرات النحت الجليدى: تتمثل أهم ظاهرات النحت الجليدى فيما يلى (شكل ٣٤)

(أ) الوادى الجليدى : وهو عبارة عن واد جليدى يتكون فوق قمم الجبال متجها إلى أقدام السفوح ويبدو فى شكل لسان جليدى متخيرا ـ فى العادة ـ مناطق الصدوع أو الأنهار القديمة ويأخذ قطاعه العرضى حرف U، يتحرك ببطء (ما بين ٢,٥ و ١٥٠ سم كل ٢٤ ساعة) وسرعته فى الوسط تفوق السرعة على





ب ـ مظاهر الإرساب الجليدى

شكل (٣٢)

الجانبين. ينبع الوادى الجليـدى من أحواض تجمع الجليد neve عند منسوب الجليد الدائم، تنتـهى هذه الأودية بقطاع عرضى مـتسع، ويعـد نهر ألتش أطول الأنـهار الجليدية بطول ١٦ كم ويوجد بجـبال الألب (راجع بالتفصيل صبـرى محسوب، ١٩٨٣ ص ١٦٤).

(ب) **الأودية المعلقـة Hanging valleys** : عبارة عن رافـد جانبى للوادى الجليدى حفر مجراه على منسوب أعلى بحـيث يلتقى بالوادى الجليدى عبر مساقط مائية water falls.

(جـ) **الحلبات الجليدية Cirques والحافات المسننة والقمم الهرمية**: الحلبات الجليدية عبارة عن حفر أولية توجد عند رءوس الأودية الجليدية، عمل الجليد على زيادة تعميقها، وتعد من أكـثر الظاهرات الناتجة عن النحت الجليدى انتشارا وتأخذ أسمـاء محليـة مثل الكار Kar بالألمانيـة والكيدل khedel فى أسكندنافيـا، وتعد الحافـات المسننة والقـمم الهرمـية من الظاهرات المرتبطة بالحلبـات الجليديـة حيث تفصلها عن بعضها.

(د) **الصخور المحززة أو الغنمية Roches moutonnes**: تظهر فى شكل كتل صخرية محـدبة وسط مجرى الوادى الجليدى لم يتمكن النهر الجـليدى من إزالتها وتوقف أثره على تحززها وخاصة فى جانبـها المواجه لمصب الوادى الجليدى، بينما يبدو الجانب المواجه لمنابع النهر أملس قليل الانحدار.

(هـ) **الفيرودات Fiords**: تعـد مصبـات للأودية الجليـدية ومن ظاهرات النحت الجليدى السابق حيث ينتهى أغلبها فى اتجاه اليابس بمجرى واد جليدى.

٢ ــ ظاهرات الإرسـاب الجـليدى :

تحمل الثلاجات كميات ضخـمة من الرواسب الصخرية (الركامات الجليدية glacial morains) بعضهـا اشتق من قاع النهر الجليدى وتـرسب على قاعه وعلى طول جانبه، والبعض الآخـر تساقط على السفوح الجبلية، تسـمى الركامات التى تمتد على طول جانبى الوادى بالركامـات الجانبية lateral morains وتلك التى تمتد فى نهاية الـوادى بالركامات النهـائية، أمـا الرواسب التى ترسب على قـاع النهر

فتـعرف بالركام الأوسـط، وذلك فى حالة اتصال الركـامات الجانـبية بالركـامات الأرضية التى رسبها النهر على قاعه.

وإذا ما انصهـر الجليد تشكلت رواسب جليدية نهرية حـيث تعمل المياه على إعـادة تصنيف الرواسب، وأهم هذه الأشكال « الـكام » وهى تلال صغـيـرة فى جوانب الوادى، والإسكرز eskers وتبدو فى شكل حافات طولية ضيقة مكونة من الرمال والحصى تمتد على طول قـاع المجرى المائى، والكتل الضالة erratic blocks تبدو فى شكل كتل صخـرية وجلاميد boulders تختلف فى خصائصـها الصخرية عما حولها مما يدل على أن النهر الجليدى المائى أتى بها من مناطق بعيدة، والكثبان الجليدية تبدو فى شكل تلال طولية مكونة من الرمال والصلصال تمتد محاورها فى موازاة تحرك الجليـد الذى كونها فتتراوح أطوالهـا ما بين بضعة أمتار وكـيلو مترين وتتراوح ارتفاعاتها من أقل من متر إلى عشرات الأمتار (شكل ٢٩) .

ثالثا: المياه الجوفية

ليـست كل التراكـيب الأرضيـة ملائمـة لتخزيـن المياه فى صـخور القـشرة الأرضية، وأهم مصادر المياه الجوفية (المياه تحت الأرضية under ground water) .

(أ) المطر والثلج والندى وغيرها حيث يترسب جـزء منها إلى داخل القشرة الأرضية خلال مسام الصخور وتعرف هذه المياه meteoric water بالمياه الجوفية.

(ب) المياه المتبقية بعد عملية تبلور الصخور المتداخلة، تتميز هذه المياه بارتفاع درجة حرارتها، وقـد تختلط بالمياه الجوفية السابقة لـتظهر فى شكل ينابيع أو عيون مثلمـا هو الحال فى الينابيع الحـارة بمناطق النشاطات البركـانية، وفى مصـر تظهر الكثير منها مثل العين السـخنة عند الطرف الشمالى لخليج السويس، وبعض عيون الواحات البحرية، وعموما يعد هذا المصدر للمياه الجوفية مصدرا محدودا لا يمثل أكثر من ١٠ ٪ تقريبا من جملة المياه الجوفية.

وعادة ما يطلق على المياه تحت الأرضية سواء كان مصدرها الأمطار ومظاهر التساقط الأخـرى أو أبخرة الصهار النارية أو غـيرها بالمياه الجوفـية، وإن كان هذا المصطلح يـطلق على المـياه الموجـودة عند أعمـاق بعيـدة وخاصـة ما يرتبط منهـا بالنشاط البركانى.



العوامل المتحكمة فى المياه تحت الأرضية :

تتحكم فى وجود وحركة المياه تحت الأرضية عوامل عديدة تتمثل فى الميل العام للطبقات الصخرية الحاوية للمياه والصور التركيبية المختلفة مثل الصدوع الفواصل والقواطع الرأسية والأفقية ومسامية الصخر وقدرتها على إمرار الماء perviousity.

ويقصد **بمسامية الصخر** porosity : النسبة بين حجم الفراغات إلى الحجم الكلى للصخر (نسبة مئوية) مثال ـ لو أن لترا واحدا من الرواسب يحتوى على ٣, ٠ لتر من الماء عند تشبعه فإن مساميته فى هذه الحالة تساوى ٣٠ ٪.

والمسامية تختلف من صخر إلى آخر فهى أقل من ١ ٪ فى الجرانيت الخالى من الشقوق وأكثر من ٤٠ ٪ فى الحجر الرملى و ٥٠ ٪ فى الطين والطباشير وتتراوح ما بين ٥ : ٢٠ ٪ فى الحجر الجيرى*.

أما النفاذية permeability: فيقصد بها قياس قدرة الصخر أو التربة على إمرار المياه بين حبيباتها سواء كانت مسامية أو غير مسامية، فعلى سبيل المثال نجد أن الطين صخر مسامى ولكنه فى الوقت نفسه غير منفذ للماء بسبب دقة حبيباته وشدة تماسكها، وصخر الخفاف pumice عالى المسامية ولكن منخفض للغاية فى درجة نفاذيته وذلك لأن مسامه غير متصلة ببعضها، ويعد الزلط والرمال والحجر الرملى من الصخور عالية المسامية وعالية النفاذية أيضاً.

وعموما فإن النفاذية التى تتميز بها بعض الصخور تعد من أكثر العوامل التى تؤثر فى حركة المياه الأرضية والتى بدورها تتأثر باختلاف معدل النفاذية للصخور المختلفة، ويمكن حساب هذا المعدل من خلال طرح كل من معدل البخر ومعدل الجريان السطحى من معدل التساقط (يراجع بالتفصيل صبرى محسوب، ودياب راضى، ١٩٨٥، ص ص ١٣٦ ـ ١٣٧).

(*) تعتمد المسامية على شكل وترتيب جزيئات الصخر ودرجة تصنيفها وملامحها وتماسكها عند ترسيبها.



منسوب الماء الجوفى Underground - Water - table

هو الحد الأعلى للمياه تحت الأرضية، يتميز بتعرجه متمشيا فى ذلك مع الشكل العام للتضاريس، حيث يختلف عمقه من منطقة إلى أخرى فهو يرتفع تحت التلال عنه تحت أو قرب الأودية، وذلك فى الأقاليم التلية ذات الأمطار المتوسطة حيث يصل عمقه إلى بضعة أمتار تحت السطح، بينما فى الأقاليم الجافة ينخفض منسوبه كثيرا، كذلك نجده ملاصقاً للسطح قرب الأودية دائمة الجريان، ويصل فى المناطق الشاطئية إلى منسوب سطح البحر.

وقد يحدث أن يتقاطع هذا المنسوب مع سطح الأرض فى المناطق المتباينة فى تضاريسها مما يؤدى إلى ظهور المستنقعات فى المنخفضات الطبيعية، مثلما هو الحال فى منخفضى وادى النطرون والقطارة حيث تظهر مستنقعات أو برك بحيرية، وفى المناطق الرطبة نجد أنه ينطبق تقريبا مع مستوى الجريان السطحى ومع ذلك نجد أن نشع المياه تحت الأرضية، بالإضافة إلى الجريان السطحى يؤدى إلى استمرار الأسطح المائية على مدار السنة.

حركة المياه الجوفية وتقدير سرعتها :

يطلق على المياه عندما تتحرك ببطء خلال النطاق المشبع بالمياه بالتخلل* per-colation والذى يعتمد أساسا على درجة الميل الهيدروليكى، ويتأثر اتجاه المياه بالعمق ودرجة نفاذية الصخور، بالإضافة إلى ميل الطبقات الرسوبية، ويؤدى اختلاف درجة الضغط الهيدروليكى على الماء الجوفى إلى تحركه خلال الممرات وذلك من مناطق الضغط الأعلى أسفل التلال إلى مناطق الضغط الأقل تحت الأودية.

وبالنسبة لسرعة المياه الجوفية فإنها تتوقف على عدة عوامل يتمثل أهمها فى حجم الحبيبات ومقدار النفاذية والضغط الهيدروليكى واختلافه من منطقة إلى أخرى واختلاف درجة حرارة الماء والتى تؤثر بدورها على درجة اللزوجة viscosity.

(*) اما الرشح فيطلق على نفاذ الماء إلى داخل التربة من السطح وتتحكم فيه كمية المياه الساقطة.



تداخل الماء المالح :

عندما يلتـقى منسوب المياه تحت الأرضـية بشاطئ بحـر أو بحيرة فـإن المياه العذبة تأخذ شكلا عدسيا ضخما فوق المياه المالحـة الأكثر كثافة، وكثيرا ما يحدث اختلاط بينهـما، وتبدو العدسـة المائية فى منطقة الالتقـاء صافية فـوق المياه المالحة حيث تدفعها الأخيرة إلى أعلى.

وتؤثر حركات المد والجزر على منسوب المياه الجوفية قرب الشواطئ حيث إن منسوب مياه الآبار السـاحلية عادة ما يتمشى مع مسـتوى ماء المد أو أقل منه قليلا ولذلك فمعظم مياه الآبار الساحلية تحتوى على أملاح الصوديوم والمغنسيوم وغيرها من الأملاح.

بعض العمليات الجيومورفية المرتبطة بالمياه الجوفية وما يرتبط بها من ظاهرات

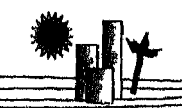
(١) عملية تكوين القشور الملحية على الأسطح الصخرية:

ينتج عن رفع الماء إلى السطح (عند دخـوله نطاق قدرة الخاصية الـشعرية) حاملا معه الأملاح الذائبة وعندما تتبخر المياه تترك الأملاح فى شكل قشور ملحية بيضاء أو بنية اللون.

(٢) عمليات الإذابة فى الصخور الجيرية (العمليات الكارستية):

من المعروف أن الحـجر الجيرى صـخر كلسى يذوب مع المياه الأرضـية التى تحتوى على حـمض الكربونـيك، وينتج عن هذه الإذابة عـدد من الأشكال التى يطلق عليها ظاهرات كارستية نسبة إلى إقليم كارست فى كرواتيا، وتوجد مثل هذه الظاهرات فى العـديد من المناطق فى العـالم مثل شـبـه جزيرة فلوريدا ويوكـاتان وجاميكا وغيرها.

ومع اخـتفاء المـياه السطحـية تظهـر أشكال سطح الأرض الكارستـية مـثل القشعات sink holes التى تنتج عن التحلل الكيماوى وتبـدو فى شكل منخفضات فى الحـجـر الجيـرى وبعض هذه الحـفـر ذات جوانـب شديدة الانحـدار تعـرف بالدوليناس dolinas.

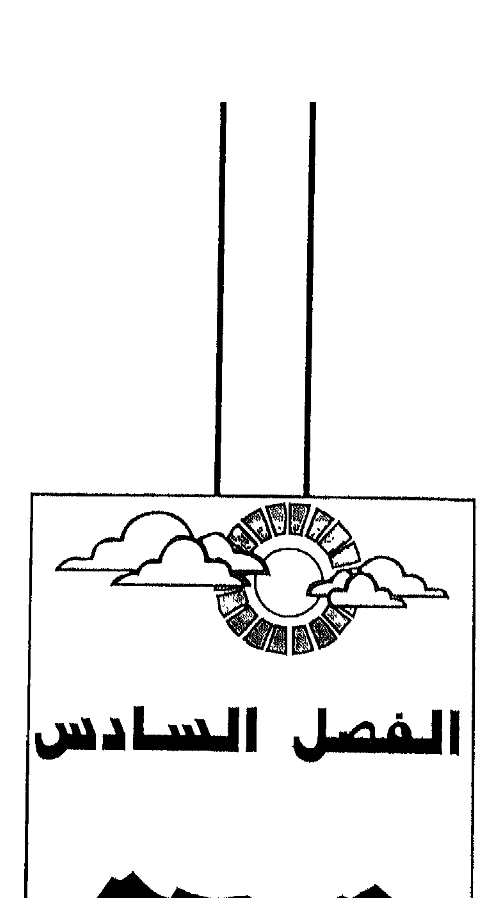


وينتج عن المياه الجوفية كذلك فى المناطق الجيرية تكهفات داخلية وتكون ممرات باطنية فى الأرض وتظهر الكهوف الكارستية فى مناطق كثيرة فى العالم مثل كهف ماموث في ولاية كنتاكى الأمريكية وغيرها الكثير، وتظهر داخل هذه الكهوف ظاهرات الإرساب الكارستية مثل النوازل والصواعد وهى أعمدة جيرية نتجت عن ترسيب الكربونات بعد تبخر المياه التى تنساب داخل الكهوف (يراجع بالتفصيل. صبرى محسوب ودياب رياض، ١٩٨٥، ص ١٥٠).

وأحيانا ما تتصل ببعضها البعض مكونة عمودا واحدا يسمى بالعمود الجيرى، كذلك قد توجد أعمدة تنمو فى وضع أفقى أو فى وضع مائل والأخيرة تسمى بالهاليستايت halictite.

ومن أشهر الكهوف الكارستية كهف كارلسباد فى مدينة نيومكسيكو ويبلغ طوله ٤٠٠٠ قدم وعرضه ٦٠٠ قدم، بينما يبلغ ارتفاعه نحو نصف عرضه وتظهر بداخله العديد من ملامح التعرية الكارستية.

كما تعد عيون الأفلاج بالمملكة العربية السعودية أمثلة واضحة على أثر عمليات الإذابة الكارستية فى تشكيل سطح الأرض فى المناطق الجيرية. وتظهر كذلك العديد من المنخفضات والدحول الكارستية فى هضبة نجد مثل دحل الهيت قرب مدينة الرياض.



الغلاف الحيوى

(البيوسفير)

Biosphere



يتمثل هذا الغلاف فى الجزء الأرضى الذى يشتمل على صور الحياة المختلفة التى ترتبط بدورها بعمليتين أساسيتين للحياة، هما التمثيل الضوئى، والتنفس res-piration، هاتان العمليتان تتضمنان استمرارية ثلاثة عناصر كيماوية هامة (هى الأيدروجين والأكسجين والكربون) فى حالتها الصلبة أو السائلة أو الغازية gaseous.

الحالة السائلة توجد بالطبع فى الهيدروسفير أو الغلاف المائى، والحالة الصلبة فى الغلاف الصخرى، والحالة الغازية فى الغلاف الجوى، ومن ثم فإن الغلاف الحيوى يوجد فى ملتقى الأطر (أو الأغلفة) الثلاثة سابقة الذكر، شاغلا نطاقا رأسيا ضيقا نسبيا من نحو ٧٠٠٠ متر فوق مستوى سطح البحر إلى نحو ٦٠٠٠ متر تحته، ويعد الإنسان الكائن الطبيعى الرئيسى الذى يستفيد بأكبر نصيب من مكونات هذا الغلاف بالمقارنة بالأحياء الأخرى، ويعد اعتماده اللا محدود على الغلاف الحيوى، وكذلك تأثيره فيه من الموضوعات الهامة التى تهتم بها العلوم المختلفة بما فيها الجغرافيا الطبيعية والبشرية.

أما بالنسبة للجغرافيا الحيوية Biogeography فإنها تهتم أساسا بدراسة أنماط توزيع الأحياء مكانيا وزمنيا والعوامل البيئية التى تؤثر فى هذا التوزيع، ومن ثم فإن على الجغرافيا الحيوية أن تستفيد من عدد من العلوم الأخرى التى تهتم بالبيئة مثل الجيولوجيا والطبيعة والمناخ وعلم الحفريات Palaeontology والفسيولوجيا وعلم البيئة الحيوية (الإيكولوجيا).

والجدير بالذكر أن صور الحياة على سطح الأرض تتميز بتعقيداتها الطبيعية والكيماوية حيث تعيش فى أشكال وأنواع معقدة يصعب حصرها حصرا كاملا، فالنباتات الخضراء والفطريات تبلغ نحو ٣٠٠,٠٠٠ نوع كما يبلغ عدد أنواع الحيوانات المختلفة التى استطاع علماء الأحياء حصرها نحو ١,٣٠٠,٠٠٠ نوع، علما بأن هذه الأعداد السابقة لا تشتمل على البكتريا أو الخمائر التى تتكون بدورها من آلاف الأنواع، ومازالت هناك حتى الآن أنواع مختلفة من الأحياء النباتية والحيوانية لم تعرف بعد.

وكل نوع من هذه الأشكال الحـيـوية لا يتوزع بشكـل عشـوائى على سطح الأرض حيث إن كل نوع منها يشغل مساحة مـحددة منه ويختلف حجمها من نوع إلى آخر، ويعض هذه الأنواع نـادرة للغاية قد تظهـر فى منطقة أو منطقـتين على الأكثر، والبعض الآخر يوجد بشكل شائع فى كل مكان تقريبا.

ويعد الإنسان أكثـر الأنواع انتشارا حيث يمكنه أن يعيش فى بيئـات مختلفة باستثناء المناطق المتجمدة والمناطق شديدة الجفاف.

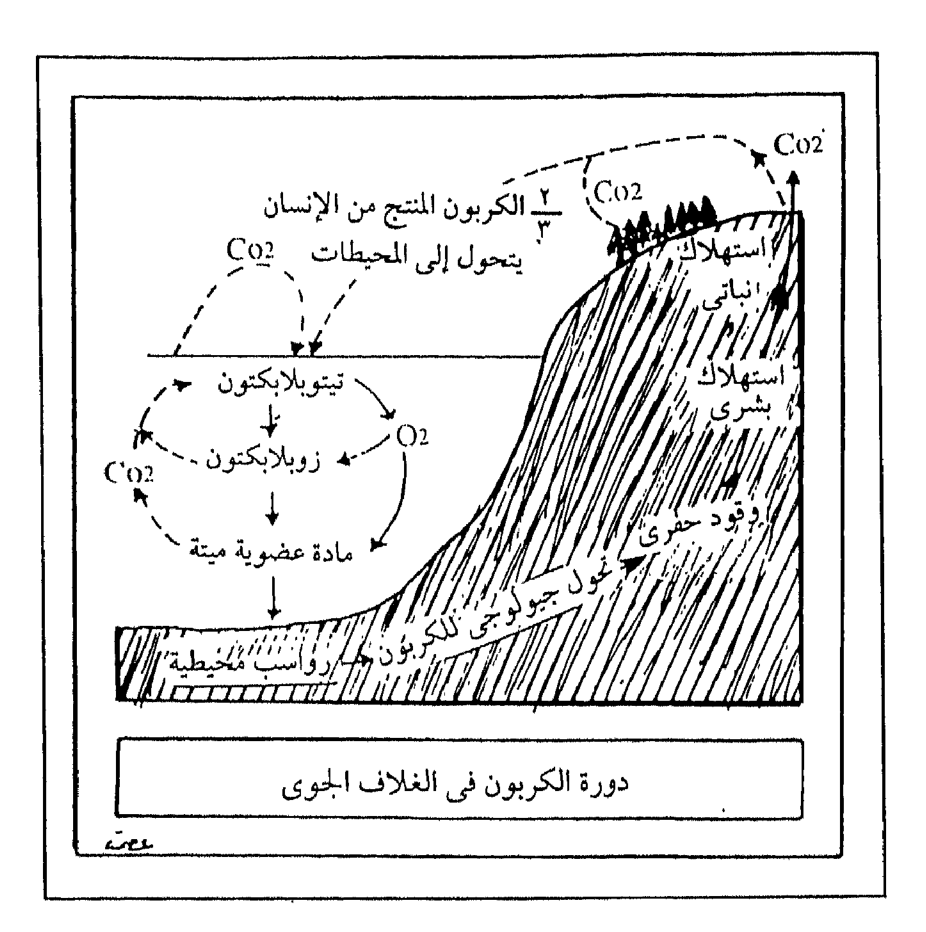
ولكى نفهم جيـدا العنصرين الرئيسيين للنظم البيـئية الطبيعيـة، وهما التربة والنبات الطبيعـى (المحور الرئيسى للجغرافيا الحـيوية). يجب أن نعطى إشارات سـريعـة لدورات العنـاصـر الرئيـسـيـة للحـيـاة على سـطح الأرض (الكربون والأيدروجين ـ والأكسوجين) يلى ذلك إيجاز لمفهوم النظم بالبيئة الايكولوجية من جهة النظر الجغرافية.

١ ــ (دورات الكربون والماء والأكسوجين).

(أ) دورة الكربون: يظهر الكربون فى ثلاثة أشكال رئيـسية يتمـثل فى حالته الغازية كثانى أكسيد الكربون، حيث يوجـد بهذه الحالة مختزنا فى الغلاف الغازى ومياه المحيطات، ويسـتخدم فى عـملية التـمثيل الضـوئى بواسطة الأحيـاء ذاتية التغذية، ويختزن كذلك فى كل أنواع النباتات ويعد مصدرا رئيسيا لإمدادها بالطاقة وكذلك يوجد فـى شكل كربـونـات مخـتزنـة فـى رواسـب المحيطات والبحيرات. (شكل ٣٥).

ويتم تثبيت ثانى أكسيد الكربون فى المحـيطات من خلال البلانكتون الطافية والتى لها القدرة على امتـصاص الضوء فى عملية التمـثيل الضوئى، وتحصل على ثانى أكسيد الكربون من مـياه المحيط الغنية به، وعندما تموت هذه الأحيـاء الدقيقة تغوص فى الأعـماق لتتغـذى عليها أحيـاء مجهريـة تشبه البلانكتـون تحصل على الأكسوجين الناتج من البلانكتون من أجل تنفسـها، وناتج هذه العملية كلها يتمثل فى ثانى أكسيد الكربون الذى يتحلل فى الماء ليصبح متاحا لعملية التمثيل الضوئى للفيتـوبلانكتون، وهكذا تستمـر دورته فى المحيط، وعادة ما يحـدث تبادل لهذين

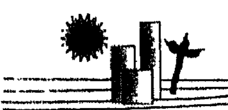




(شكل ٣٤)

العنصرين اليابس والمحيط وذلك من خلال تبادل ثانى أكسيد الكربون بين المحيط والغلاف الغازى وخاصة أثناء حدوث الأمواج.

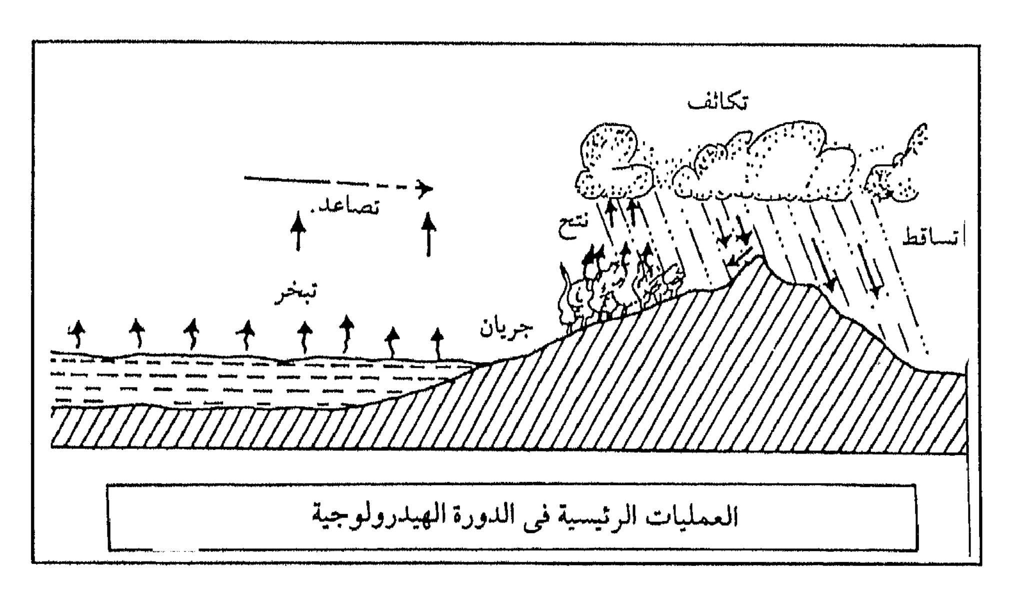
وتبلغ نسبة ما يضاف إلى الغلاف الغازى من ثانى أكسيد الكربون جزءين فى المليون كل سنة، وقد كانت النسبة فى الغلاف الغازى أواخر القرن الماضى ٢٩٠ جزءا فى المليون، وأصبحت فى الوقت الحاضر ٣٣٠ جزء / مليون بسبب النشاط الصناعى المتزايد واحتراق كميات ضخمة من الوقود للأغراض المختلفة، ويُرجع بعض علماء المناخ ظاهرة ارتفاع درجة الحرارة إلى زيادة نسبة غاز ثانى أكسيد الكربون فى الجو إلى ١٢ ٪ (نسبة الزيادة المئوية بين الرقمين السابقين).



(ب) الدورة المائية: تتميـز المياه بالعديد من الخصائص ذات الأهميـة البالغة بالنسـبة لأشكال الحيـاة على سطح الأرض. منها أنهـا تتجمد ثم تتـمدد أى أنها تشغل حيزا أكبر عند نفس الوزن، والجليد أقل كثافة من الماء، ومن ثم يطفو على سطح الماء، وهـذه الخـاصـية ذات أهمـيـة كـبيـرة فـى الأجـزاء المائيـة منه فـى الـغلاف الجـوى. فلـو أن الجليد يغوص عند القـاع فإنه سرعـان ما يتراكم رأسـيا باتجاه السطح.

كذلك فإن الميـاه تنقل الحرارة بكفاءة عالية فى الغـلاف الغازى والمحيطات، إلى جانب أنها عامل إذابـة جيد للمواد الصخرية، وتقوم أيضـا بنقل المواد الغذائية خلال التربة مع قدرتها على تحويلها إلى مواد مـخصبة للنبات تعمل على استمرار نموه، والتى بدون هذه المواد الغـذائيـة التى تمتص عن طريق الجـذور لاتتم عمليـة التمثيل الضوئى ذاتها.

وبسبب أهميـة المياه فقد درست الدورة المائيـة أو الهيدروغرافيـة منذ فترات قديمة، وقد أشير إليها فى الفصل الأول فى هذا الكتاب (شكل ٣١).



(شكل ٣٥)

(جـ) دورة الأكسوجين: ينتج عن عملية التمثيل الضوئى، وتتميز دورته بتعقدها الشديد وذلك؛ لأنه يتفاعل سريعا مع أغلب العناصر الكيماوية إلى جانب ارتباطه بدورات كل من الكربون والماء.

وعموما فالأكسوجين عنده القدرة على التكون فى الغلاف الغازى منذ ملايين السنين ويمثل نحو ٢١ ٪ من جملة الغازات المكونة له، ويستحيل مهما حدث على سطح الأرض من آثار سلبية أن تقل هذه النسبة، حيث يرى البعض أنه لا يمكن إن تقل نسبة الأوكسجين فى الغلاف الغازى إلى الحد الحرج إلا فى حالة حرق كل مكونات الكربون الموجودة بالغلاف الصخرى وهذا أمر مستحيل بالطبع.

(٢) النظم البيئية (الأيكولوجية) Ecosystems :

من المعروف أن البيئة الطبيعية تشتمل على مركب من الأنواع species أو مجموعات من الأحياء المتفاعلة مع بعضها البعض، فالأحياء بمعنى آخر لا تعيش فى عزلة isolation ولكنها تعيش فى تكامل وترابط مع بعضها البعض association.

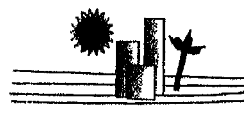
إن النظام البيئى تنظيم مساحى لمجموعة من الأحياء النباتية والحيوانية والأحياء الدقيقة والمواد الأخرى، والطاقة التى تتفاعل مع بعضها البعض بجانب تفاعلها مع بيئتها المحيطة من خلال حدود نظامها البيئى الذى تعيش فى كنفه (شكل ٣٧).

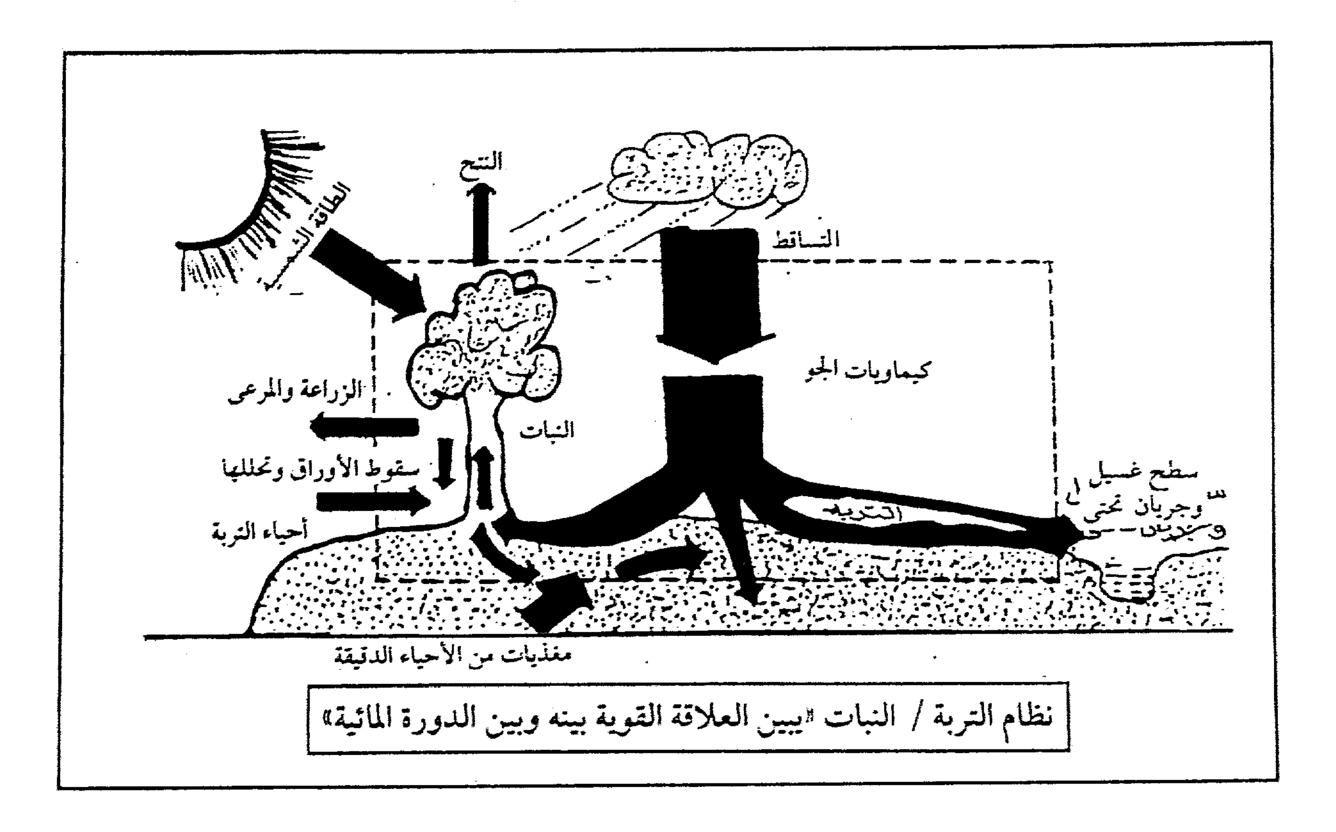
ويمكن لأى نظام بيئى (إيكولوجى) an ecosystem أن يوجد فى أى وحدة مساحية مهما كانت كبيرة أو صغيرة، فالعالم ككل يمكن اعتباره نظاما بيئيا (Knapp. B. etal, 1989, P 216) ويمكن فى نفس الوقت اعتبار غابة صغيرة المساحة نظاما بيئيا متكاملا (إيكولوجى). وتتفاعل عناصر النظام البيئى* وترتبط ببعضها البعض من خلال انتقال الطاقة والغذاء nutrients أو الأيونات.

ويتكون النظام الإيكولوجى من:

أ ـ المجموعة غير الحية (التربة وماء المطر).

(*) احياء ونباتات وتربة وغيرها.




التنح
الطاقة الشمسية
التساقط
كيماويات الجو
الزراعة والمرعى
النبات
سقوط الأوراق وتحللها
أحياء التربة
التربة
سطح غسيل
وجريان تحتي
مغذيات من الأحياء الدقيقة
نظام التربة / النبات «يبين العلاقة القوية بينه وبين الدورة المائية»

(شكل ٣٦)

ب ـ النباتات الخضراء.

جـ ـ الحيوانات التى تتغذى مباشرة على النبات (أكلة العشب herbivores) أو التى تتغذى بطريق غير مباشر (أكلة اللحوم carnivores).

د ـ الأحياء الدقيقة decomposers مثل البكتريا ودودة الأرض وغيرها والتى تحول الأنسجة الميتة إلى مركبات مذابة من خلال عمليات التحلل المعدنى (تفتيت الأنسجة عن طريق الأحياء الدقيقة وتحويلها إلى أحماض قابلة للإذابة) ومن خلال تكون الدوبال humification (يتكون الدوبال من بعض الأحماض والأيونات).

ويحصل النظام البيئى ـ كما نعرف ـ على الطاقة من الإشعاع الشمسى التى تخرج منه فى شكل حرارة، أما الغذاء فيحصل عليه من تجوية التربة ونسبة قليلة من هذا الغذاء يفقد عن طريق الغسل، ومع ذلك فإن النظم البيئية نشطة جدا فى الاحتفاظ بالمواد الغذائية المتاحة، حيث إن إعادة دورة الغذاء هى أساس ثبات واستقرار النظام البيئى الإيكولوجى.

ضوابط النظام البيئى الإيكولوجى: توجد مجموعتان من العوامل التى تحدد مكونات النظام البيئى الإيكولوجى.

(أ) الضوابط البيئية Environmental controls :

كل الأنواع على سطح الأرض لها ظروفها البيئية الملائمة لها (مثل الضوء ـ الرطوبة ـ درجة الحرارة، وغير ذلك). والأنواع الأحيائية يمكن أن تنمو فى مثل هذه الظروف ولكن عليها أن تتحمل الظروف غير المواتية لنموها، فعلى سبيل المثال بعض المحاصيل المدارية قد تنمو فى مصر مثل البن أو الشاى ولكنها لن تنتشر فى مصر كغيرها من محاصيل أخرى، وسوف يقتصر وجودها على مواضع محدودة مثل منطقة أسوان أو المناطق الحارة فى الجنوب.

(ب) **الضوابط التنافسية** Competitive controls :

لا تتكون النظم البيئية من نوع واحد من النبات أو الحيوان أو غيرها حيث إن النوع الواحد لا يمكنه الاستفادة الكاملة بمفرده من الطاقة والغذاء المتاحة داخل النظام البيئى وذلك لأن مكونات النظام البيئى تعتمد أساسا على عاملين:



- عدد الأنواع التى يمكن أن تعيش فى بيئة محددة.

- قدرة الأنواع على التنافس مع بعضها البعض من أجل الطاقة والغذاء.

الشكل والتنوع فى النظام البيئى :

يشير شكل الأنواع فى النظام إلى حجمها وتنظيمها وشكل أوراق النباتات ونمط تزهيرها، وخصائص جذورها وهكذا، أما التنوع diversity فإنه يختلف من نظام بيئى إلى آخر، فمراعى الحشائش تحتوى فقط على تلك الأنواع species القادرة على تحمل ضغوط بيئية بدرجة أكبر منها فى بيئات الغابات مثلا (Knapp. (B,etal, 1989, P 22.

٣ - التربة والنبات الطبيعى

تمثل التربة والنبات الطبيعى العنصرين الرئيسيين للنظم البيئية الطبيعية ويمثلان مع بعضهما المحور الرئيسى للجغرافيا الحيوية التى تهتم بدورها بتوزيع الأحياء مكانيا وتطورها زمانيا، (راجع الشكل ٣٧).

أولا: التربة Soil*

تتكون التربة من جزيئات صخرية غير عضوية inorganic اشتقت من عمليات التجوية والنحت، ومن مواد عضوية organic اشتقت من تحلل النباتات، وتعد التربة ذات أهمية للمجموع الجذرى للنبات وتعمل بالتالى على تثبيته، إلى جانب أن التربة تختزن المياه بحيث يمكن للنبات الحصول عليها بسهولة، وتختزن أيضا المعادن المغذية للأنواع النباتية المختلفة mineral nutrients وذلك فى شكل دوبال طينى مركب clay humus وفى شكل محلول مائى.

تحتل التربة القطاع الأعلى من السطح الصخرى regolith، وتعد التجوية الكيماوية ذات أهمية فى تطور التربة حيث تنتج عنها مواد هامة لتغذية النبات مثل المغنسيوم والبوتاسيوم والكالسيوم وقليل من الكبريت والنحاس، والأخير ذو أهمية فى عمليات التمثيل الضوئى للنبات.

وتعد الأوراق الساقطة من الأشجار مواد غذائية عضوية هامة بعد أن تتحلل حيث تحتوى النباتات المتحللة على نتروجين ومغنسيوم وأكسوجين وكربون وهيدروجين.

(*) اشتقت من الكلمة اللاتينية solum وتعنى مواد أرضية سائبة تنمو بها النباتات.



(١) **تطور التربة***: تنقسم العوامل التى تؤثر على تطور التربة إلى قسمين رئيسيين كالآتى:

(أ) عوامل نشطة Active - Factors: ويقصد بها العوامل التى تؤثر فى عمليات التجوية الميكانيكية للتربة وتحللها وهى المناخ والأحياء الموجودة بالتربة.

يعد المناخ من العوامل الرئيسية من خلال التساقط والتبخر- نتح فعندما يزيد معدل المطر عن طاقة التبخر - نتح فإن الماء الفائض يتسرب إلى أسفل التربة وفى حالة تفوق التبخر على المطر تصعد المياه إلى أعلى حاملة معها المواد المخصبة والمتحللة لتتراكم قرب السطح.

أما بالنسبة للحرارة كعنصر مناخى مؤثر فى التربة فإنها ذات علاقة قوية بعملية التبخر - نتح، وإن كان العديد من جوانب العلاقة بين رطوبة التربة والحرارة غير مفهومة بالقدر الكافى. فعلى سبيل المثال نجد أن السليكات فى التربة المدارية الرطبة تتحرك إلى أسفل بالإذابة فيما يعرف بغسل التربة من السيليكا Decilica-tion تاركة الحديد قرب السطح أو فوقه، لذلك تميل التربة المدارية إلى اللون الأصفر أو الأحمر بحيث تعكس محتواها من أكاسيد الحديد.

وفى تربة المناطق المعتدلة يتحرك الحديد إلى أسفل تاركا السيلكا قرب السطح، وتعد تربة البدزول Podsols مثالا واضحا لذلك حيث تتميز باللون الرمادى، ومازال حتى الآن السؤال المطروح: لماذا يختفى الحديد فى المناطق المعتدلة والسيلكا فى العروض المدارية مرتبطة فى ذلك بالحرارة المرتفعة والرطوبة الزائدة؟ (Wilcock, D, 1983, P177).

ومن العوامل النشطة الأخرى المؤثرة فى التربة الأحياء حيث تقوم الفطريات fungi والبكتريا وغيرها من الأحياء المجهرية بتحليل المادة العضوية الميتة، وأكثر الأحياء أهمية فى ذلك دودة الأرض earth - worm** التى تقوم بتحلل المواد العضوية والمواد غير العضوية وتعمل على تقليب التربة بعد تفتيت موادها، كذلك تعمل على حفر ممرات دقيقة أثناء تحركها فى التربة تسمح للهواء والماء بالمرور فى

(**) يقدر عدد هذه الديدان فى غابات روسيا بنحو ٢,٩ مليون دودة فى الهكتار تقل فى أراضى القمح إلى ٨٨٠ الف دودة للهكتار.



التربة بسهولة، ومن المعروف أن التربة التى يتخللها الهواء بحرية تتميز بالدفء والعكس فى التربة التى لا يتمكن الهواء من التغلغل فيها حيث تميل إلى البرودة وهذا الأمر هام فى العروض العليا والباردة.

(ب) العوامل الإيجابية الأخرى المؤثرة فى تطور التربة :

تتمثل هذه العوامل فى المواد الصخرية الأساسية وعامل الزمن والطوبوغرافيا ولكنها تقوم بتأثيرها على التربة بشكل متكامل فيما بينهما.

ففى المراحل الأولى لتطور التربة نجد أن المواد الصخرية الأساسية هى التى تحدد طبيعة عملية التحلل للعناصر الكيماوية التى تحتويها، ولكن عندما يتم نضج النظام البيئى للتربة والنبات فإن استمرارية وتكرار الدورة الغذائية recycling of nu-trients' بين النبات والتربة تجعل المدخلات inputs من التجوية غير ذات أهمية كبيرة، بمعنى آخر أقل أهمية من المرحلة السابقة لنضج التربة، ويلعب الزمن دوره كعامل هام من خلال استمرار ما تقوم به العوامل المناخية فى تطور التربة من تحرك مائى خلال مساماتها أو تحلل لعناصرها، وذلك خلال فترة زمنية طويلة، وعموما فإن التربة فى أى منطقة تعكس بشكل كبير طبيعة الظروف المناخية السائدة بها وذلك أكثر من كونها انعكاسا للتباين الصخرى السائد.

وتعد الطوبوغرافيا عاملا إيجابيا موثرا حيث تتحرك التربة بالزحف أو الانزلاق على السفوح مع اتجاه الانحدار بفعل الجاذبية الأرضية للتراكم عند حضيض السفوح down slope.

وهناك علاقة بين سمك قطاع التربة ودرجة انحدار السفوح حيث يقل سمكها مع شدة الانحدار، وتتميز فى نفس الوقت بعدم نضجها على العكس من السفوح قليلة الانحدار حيث تتميز ترتبها بسمكها الكبير ونضجها الواضح.

وعندما تتراكم التربة عند أقدام السفح بسمك كبير يطلق عليها التربة الفضية تشبه فى ذلك تربة السهول الفضية بالأنهار.

وفى تربة السهول الفيضية عادة ما تكون المياه تحت الأرضية subterranean water قريبة من السطح وربما تصل إليه، ويؤدى ذلك إلى إخراجها للهواء من



مسامات التربة بشكل أكبر من الوضع فى تربة السفوح العليا، وينتج من خروج الهواء بهذا الشكل بطء شديد فى عمليات التحلل، وإذا تكرر الفيضان بشكل مستمر فإن المواد العضوية بالتربة لا تتحلل تحللا كاملا، وينتج عن ذلك تكون التربة فى شكل خث* peats غير ناضج، وكثيرا ما توجد أنواع من هذه التربة فى المناطق سيئة الصرف مثل تربة الـ gleys فى المناطق التى يزيد فيها معدل التساقط على طاقة التبخر ـ النتح.

(٢) بعض الخصائص الهامة للتربة :

تختلف أى تربة عن تربة أخرى فى عدة خصائص يمكن إيجازها فيما يلى :

(أ) نسيج التربة Texture :

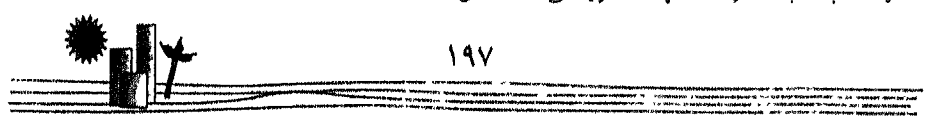
يقصد به قوام التربة الذى يشير إلى توزيع حجم الحبيبات المعدنية (غير العضوية) فى التربة، وتتراوح أحجامها ما بين الحصى الذى يتراوح قطره ما بين ٢ و ٧٥ ملم وحتى الطين الغروى أقل من ٠٠٢ ,٠ من المليمتر، ويتوقف قوام التربة على النسبة المئوية لكل فئة من فئات الحجم بها والتى ترتبط بها الخواص الطبيعية للتربة كالرشح ودرجة الاحتفاظ بالماء وسرعة التهوية وغير ذلك.

(ب) بنية أو تركيب التربة Structure :

تطلق على شكل تجمع حبيبات التربة الصغيرة فى تجمع حبيبى مركب وفى ترتيب هندسى معين يحتوى على مسافات أو فراغات بين حبيباته ذات الأحجام المختلفة، هذا وتتوقف قدرة التربة فى تكون بنائها على مقدار الغرويات اللاحمة بها سواء كانت عضوية أو معدنية مثل الدوبال الغروى، وتسمى التجمعات الحبيبية المركبة، ويمكن تصنيفها حسب شكلها، بعضها طولى يبدو فى شكل أعمدة بارتفاع ١٠ سم ذات قمة مستوية، وبعضها مفلطح (رقيقة المستوى) وبعضها كتلى فى مظهره.

وتؤثر البنية أو تركيب التربة على درجة تسرب المياه بها وسهولة أو صعوبة حرث التربة، وأفضل أنواع التربة للزراعة المفتتة التى تتراوح أحجام حبيباتها

(*) يقصد به النباتات ومخلفاتها العضوية فى حالة تحلل جزئى بالتربة.



ما بين ١ ملم إلى ٥ ملم حيث تعمل على الاحتفاظ بالمياه ودخول الهواء (الأكسوجين) بينما فى حالة التربة الخشنة التى لا تحتفظ بسهولة بمياهها فإنها تفقد الكثير من العناصر الغذائية بها من خلال إذابتها وتسربها مع المياه.

(جـ) قطاعات التربة :

تنقسم إلى ثلاثة آفاق horizones رئيسية هى من أعلى إلى أسفل :

- **أفق أ :** وهو الطبقة السطحية من قطاع التربة، وينقسم بدوره إلى ثلاثة أقسام، ويعد هذا الأفق مع الأفق ب التربة الرئيسية حيث يوجد بهما المواد المعدنية والمواد العضوية المتحللة، ويتميز الأفق أ بأنه الجزء من التربة الذى يتعرض لعمليات الغسيل leaching التى يتم خلالها تسرب المواد والعناصر الكيماوية إلى أسفل مع المياه المتسربة.

- **أفق ب :** يقع أسفل أفق أ مباشرة ويختلف عنه فى اللون والبناء والتماسك.

- **أفق جـ :** وهو الطبقة التى تلى أفق ب وتكون عبارة عن المادة الأصلية للتربة التى افترض أنها لم تتأثر بعد بعوامل التكوين والتجوية، ويعد حدها العلوى منطقة انتقالية من الحالة الأصلية إلى الحالة المفتتة.

وعادة ما يوجد تقسيم عام للتربة إلى تربة أصلية أو تربة حقيقية soulm وتشتمل على الأفق أ و ب وتربة سطحية متمثلة فى الأفق أ ثم تربة تحت سطحية subsoil. وغالبا ما تضم أفق ب ثم طبقة ما تحت التربة substratum وهذه تكون من المواد الصخرية الأصلية وتقع أسفل التربة الحقيقية.

(د) اللون :

يعتبر اللون من الخصائص المميزة للتربة بأنواعها المختلفة والتى تعكس محتواها من كل المعادن والمواد العضوية، غالبا تحتوى التربة الداكنة على نسبة مرتفعة من المادة العضوية، ولكن التربة رمادية اللون gray soil قد تقل المواد العضوية بها أو يقل أكسيد الحديد.

وقد تكون كل آفاق التـربة متساوية فى درجة اللون أو مـختلفة عن بعضها، هذا ويمكن عن طريق وصف لون التربة الإلمام بصـورة مختصرة عن حـالة التهوية والرطوبة والحرارة فى التربة نفسـها، وكذلك معرفة مكوناتها المعـدنية والعضوية، ويمكن أيضا معرفة درجة خصوبتها بعد إجراء بعض التحاليل عليها.

وبشكل عاكم فـإن التربة الحـمراء أو المحمـرة تحتوى على نـسبة عـالية من أكاسيد الحديد وقد يتحـول اللون الأحمر إلى اللون الأصفر أو الأخضر أو الأزرق وذلك من خلال زيادة أكاسيـد الحديد بها. وتنتج الألوان الفاتحة أو البيـضاء بصفة عامـة عن وجود مـعادن مـختلفـة مثل كـربونات الكالسيـوم وأكاسـيد السـيليكا والفلسباد.

ويمكن تحـديد لون التربة فى الحـقل اعتـمادا على النظر المجـرد، وإن كان يحتاج إلى خبـرة طويلة للتعبير عن ألوان مع العلم بأن الألوان الرئيـسية فى التربة هى الأسود والرمادى والبنى والأحمر والأصفر.

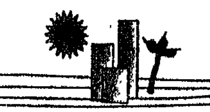
(هــ) المادة العضوية فى التربة :

تتكون المادة العـضوية فى التربة مـن تحلل الجذور وبقايا النـباتات من أوراق وغصون، وعندما تتحلل هذه المواد العضوية بواسطة الكائنات الحية الدقيقة micro organisms - فإنهـا تصبح بشكل عـام داكنة اللون ويطلق عليـها الدوبال humus الذى يلعب دورا هاما فى تماسك الحبيبات الناعـمة فى شكل التجمعات التى سبق شرحها والتى تعطى التربة بناءها.

ورغم قلة المادة العضوية فـى المناطق الجافة وشبه الجـافة إلا أن تأثيرها بالغ على خـواص التـربـة ومـراحل نمو النبـاتات وخـاصـة تأثيـرها على الخـواص الكورفولوجيـة للتربة من لون وبناء، وكذلك على خصائصـها الطبيعية، كـما أنها تعتبر المصدر الرئيسى لإمداد التربة بعنصرى الكبريت والفسفور وكذلك النتروجين.

(و) درجة تركيز إيون الايدروجين PH

تسمى أحـيانا درجـة حموضـة التربة أو PH التـربة، والتربة إمـا أن تكون حمضية أو قاعدية (قلوية) أو متعادلة.



وتزداد قلوية التربة مع زيادة تراكم الكالسيوم والمغنسيوم والصوديوم حيث تزيد أيونات الهيدروكسيد - OH على أيونات الأيدروجين H^+ فى محلول التربة، وإذا ما تساوى الاثنان أصبحت التربة متعادلة.

والتربة الصحراوية قلوية بينما التربة فى المناطق الباردة حمضية مثل تربة البدزول حيث تغسل الأملاح سابقة الذكر بسبب الأمطار.

وتتراوح نسبة الحموضة فى التربة بين ٣ و ١١ فإذا كان الرقم PH فى التربة يتراوح ما بين ٣ و ٤ تكون شديدة الحموضة ثم تقل درجة الحموضة مع تراوح الرقم ما بين ٦ ـ ٧ ثم تكون التربة متعادلة عند الرقم ٧ ثم تتحول إلى قلوية -al kaline من ٧ ـ ١١ والرقم الأخير تكون التربة فيه شديدة القلوية جدا.

ويمكن قياس حموضة التربة فى الحقل من خلال جهاز مقياس الحموضة (PH meter) وترجع أهمية معرفة الحموضة لتحديد أنواع الأسمدة المطلوبة ودرجة ذوبانها ومدى استفادة النبات منها.

ثانيا النبات الطبيعى Vegetation

بداية نرى أن العوامل المؤثرة فى نمو النبات الطبيعى هى نفسها تقريبا العوامل المؤثرة فى التربة.

(١) العوامل المؤثرة فى النبات :

يعد المناخ أهم العوامل التى تؤثر وتتحكم فى التربة والكائنات الحية، ففى الأقاليم الرطبة التى يفوق فيها معدل التساقط التبخر ـ نتح، وتكون فيها بالتالى حركة المواد الغذائية وانتقالها من أعلى إلى أسفل، تسود الأشجار وتفوق كثيرا نمط الحشائش حيث تتميز بجذورها الطويلة، والتى يمكنها من خلالها استخراج المواد الغذائية اللازمة من أعماق أبعد فى التربة، بينما تسود الحشائش فى حالة توافر المواد الغذائية اللازمة لنموها على السطح الخارجى للتربة أو قريبة منه، ويظهر ذلك فى المناطق التى تقل فيها الأمطار وترتفع معدلات التبخر.

ونظرا لكون النبات بجميع أنواعه يتطلب ظروف حرارة ورطوبة معينة لكل مرحلة من مراحل نموه فإثبات الظروف المناخية من سنة إلى أخرى يعد من الأمور الهامة والضرورية لاستمرارية النمو.



ومن الأمور الهامة التى ترتبط بالمناخ ما يتمثل فى الصور التوزيعية للحرارة والمطر خلال شهور السنة، والتى بدورها تتحكم فى طول فصل النمو. حيثما ترتفع درجة الحرارة ويتساقط المطر بشكل مستمر على مدار السنة ينعكس ذلك على نمو نباتى مستمر دائم، كما هو الحال فى المناطق الرطبة المدارية. ويمكننا أن نؤكد من الحقائق التالية الارتباط القوى بين النباتات وظروف المناخ، ففى المناطق شديدة البرودة والرياح نجد أن النباتات تظهر قريبة من سطح الأرض (قصيرة) وذلك للاستفادة بقدر الإمكان من الإشعاع الأرضى المتاح والتقليل بقدر الإمكان من التعرض للرياح الباردة. وفى المناطق الجافة (وهى من البيئات المتطرفة) نجد أن أوراق الأشجار صغيرة المساحة وشمعية waxy وذلك للتقليل ما أمكن من أثر عمليتى التبخر - نتح، والعديد من الأنواع النباتية هنا ذات لحاء سميك وأوراق سميكة، وذلك من أجل الاحتفاظ بالمياه لفترات الجفاف الطويلة التى تتعرض لها، ومن هذه الأنواع الصبارات succulents، إلى جانب ذلك فإن العديد من هذه الصبارات لها خاصية ميكانيكية للتمثيل الضوئى تقلل من خلالها الحاجة للمسامات الورقية وتحتفظ بأكبر قدر من ثانى أكسيد الكربون خلال أنسجتها، ومن المعروف أنه كلما قلت هذه المسامات قلت طاقة النتح.

وفى المناطق ذات الوفرة المائية السطحية، نجد بعض الأشجار مثل أشجار الصفصاف willows لها القدرة على نتح كميات كبيرة من المياه من أجل التكيف مع الرطوبة الزائدة على العكس من الحالة السابقة، وتعرف النباتات التى تنمو فى بيئة رطبة بدرجة كبيرة بالنباتات المائية hydrophytes، وأما النباتات التى تنمو فى ظروف جافة فتعرف بالنباتات الجفافية xerophytes، وأما النباتات التى تنمو فى مناطق معتدلة فيطلق عليها mesophytes كحالة وسط بين الحالتين السابقتين.

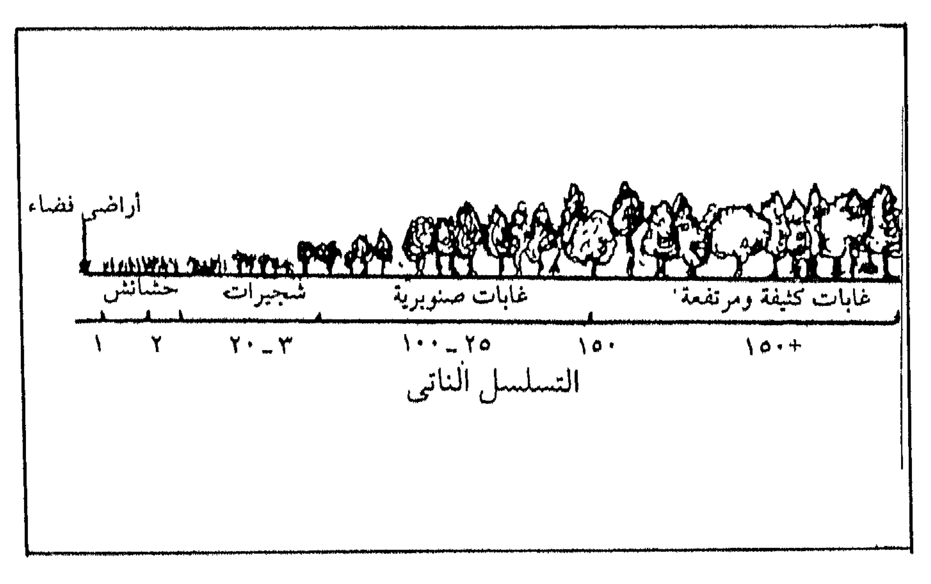
وفى الغابات النفضية deciduous forests نجد أوراقها تسقط فى الخريف وذلك للحماية من البرد والتجمد، لأن الأشجار تفقد حرارتها بسبب الأوراق، وخاصة عندما تكون كبيرة الحجم. وبالتالى فإن التخلص منها يقلل من كمية الفاقد من الطاقة الحرارية للنباتات الشجرية بتلك العروض الباردة، ويوجد كذلك سبب آخر لنفض الأوراق فى البيئة النفضية يتمثل فى أن عملية التمثيل الضوئى غير كافية فى العروض العليا وخاصة فى فترات البرودة فى الخريف والشتاء.

أما عن الطوبوغرافيا وأثرها على النبات فإن ذلك يظهر ببساطة فى حالة السلاسل الجبلية بالعروض العليا، والتى يواجه أحد جانبيها الشمس وهذا الجانب

يتيح فرصة كبيرة للنمو النبـاتي بالمقارنة بالجانب الآخر لها الذى يغطى عادة بالثلوج ويندر به النمو النباتى.

وفى المناطق من السـفوح شـديدة الانحدار تكاد تختـفى التـربة والتى تكون رقيقـة بشكل عـام فـى السفوح المنحدرة ترتبـط بـها بـالتـالى نباتات قصيرة الجـذور (شكل ٣٧).

(٢) التعـاقب النباتى Succesion : إن فكرة النمـو النبـاتى خلال تتـابع أو تسلسل مرحلى ـ بحيث يرتبـط ارتباطا وثيقا بالعوامل المناخيـة ـ فكرة قديمة بدأت فى الثلاثينيات من هذا القرن على يد Clements. وتتخلص هذه الفكرة فى أنه فى الأراضى العارية بالعروض الوسطى يبدأ التعاقب بمجموعة نباتية رائدة من الأشنة li-chen والطحالب algea التى يمكنها أن تتجمع فوق سطوح عارية، ومع استمرار عمـليات التـجوية التى تتم ببطء فى هـذه المرحلة تتفـتت الصخـور وتتكون المواد الغذائية ثم تظهر أعشاب المستنقعات mosses على مفتتات التربة التى تراكمت على الأسطح الصخرية والتى ما زالت حتى هذه المرحـلة المتحكم الرئيسى فى الخصائص الأولية لهذه التربة الوليـدة، ومع زيادة كميات المواد النباتية المتـحللة تزداد حموضة التربة، ومن ثم تحل حشائش grasses محل الأعشاب الدقيـقة السابقة، ومع مرور الزمن وزيادة سـمك التربة تحل الأحـراش محل الحـشائش وتحل الأشـجار مـحل الأحراش (شكل ٣٧).



(شكل ٣٧)

وجدير بالذكر أنه ليس هناك حدود واضحة بين النباتات فى بيئاتها الطبيعية، فالمناخ والتربة والطوبوغرافيا والنباتات لا تكون متماثلة فوق مساحة كبيرة ولا تتغير فجأة فى خصائصها على طول حدود واضحة حيث إن التغير من منطقة إلى أخرى عادة ما يكون تدريجيا.

(٣) وصف النبات : هناك مصطلحان يستخدمان استخداما واسعا فى الجغرافيا الحيوية يمثلان فى الأول شكل الحياةlife form والثانى المجموعات com-munities النباتية .

(أ) يشير المصطلح الأول إلى الحجم والشكل والتركيب النباتى من خلال علاقتها بالبيئة، بمعنى آخر يقصد به مجموع الظروف البيئية وأثرها على النبات الذى يوجد بها. وتوجد أشكال للحياة النباتية الأشجار والشجيرات shrub والنباتات المتسلقة iianas ثم الحياة العشبيةherbs وتشمل الحشائش grasses ثم العشب مثل الأشن وأخيرا النباتات المتطفلة epiphytes.

(ب) أما بالنسبة للمجموعة النباتية: فتتمثل فى نباتات بأشكال مختلفة تنمو فى مساحة معينة، فالغابة على سبيل المثال تشتمل داخلها على أشكال نباتية مختلفة يمكن ككل أن تسمى مجموعة نباتية، حيث إنه فى المجموعة النباتية نجد أن كل جزء مختلف من النظام البيئى يمد نباتاته بالضوء والغذاء الذى يمكن أن تستفيد منه أنواع نباتية وحيوانية أخرى.

على سبيل المثال نجد أن البكتريا والفطر والطحالب تنتمى إلى الأنواع النباتية الدنيا وليس لها جذور أو أوراق أو سوق، تنمو كشرائح رقيقة فوق سطح التربة أو على الفروع وجذوع الأشجار، والعشب الطحلبى ينمو على الصخر بينما تنمو الشجيرات مع ما ينفذ إليها من ضوء يتخلل الأشجار الأكثر ارتفاعا وتمد جذورها فى الطبقات العليا للتربة لتستمد غذاءها، ومعنى ما سبق أن كل نوع نباتى يحتل أو يشغل موضعا محددا بدقة داخل بنية النظام البيئى الأفقية والرأسية وتبدو النباتات وكأنها فى سباق من أجل الحياة.

التوزيع الجغرافى لمناطق التربة والنبات فى العالم

يمكن تقسيم العالم إلى ثمانى مناطق متميزة فى التربة والنبات بجانب ما



يتميز به من خصائص مناخية وما يوجد بها من حياة حيوانية وذلك على غرار ما قام به ديفيد ويلكوك Wilcock, D مع الأخذ فى الاعتبار عدم تطابق حدود التربة مع حدود كل من النبات الطبيعى والمناخ فى هذه المناطق وذلك بسبب عدم وجود حدود طبيعية واضحة لهذه العناصر، هذا إلى جانب التعديلات العديدة التى قام بها الإنسان ويميز من خلالها الصور التوزيعية للنبات الطبيعى والتربة.

ويمكن من الخريطة رقم (٣٩) أن نبين ما يلى :

(١) التندرا Tundra: تتميز هذه البيئة بشدة برودتها طول العام، حيث تتراوح درجة الحرارة ما بين ـ ٤٠م فى الشتاء و٦م فى الصيف، فهى مناطق الصقيع الدائم permafrost، وقد تظهر تربة سطحية أثناء فصل الصيف، بينما تتجمد تماما فى الشتاء، وهى تربة غير ناضجة، ذلك لأن الطبقة السطحية المتجمدة تمثل حاجزا يمنع حركة تسرب المياه ورشحها نحو طبقات ما تحت التربة subsoil، ومع فقر هذه التربة وانخفاض درجة الحرارة فإن النبات بالتالى إذا ظهر فإنه يظهر على شكل مبعثر وتختفى الأشجار التى يحتاج نموها إلى فصل حرارة لا يقل متوسطه عن عشرة درجات مئوية لا تتوافر فى هذه البيئة، ونظرا لانبساط السطح فإن التربة والنبات عادة ما تتعرض لرياح قطبية قاسية البرودة، أهم النباتات هنا الأشن وأعشاب المستنقعات mosses وبعض الشجيرات القزمية التى يمكنها أن تقاوم قسوة الظروف البيئية الطبيعية، وهكذا فإن هذه البيئة تعد من أفقر البيئات فى الأنواع النباتية، وحيواناتها عادة من الأنواع آكلة العشب herbivores مثل الرنة rendeer وفأر الحقل voles واللاموس lemming وبعض الحيوانات آكلة اللحوم carnivores مثل الذئاب والثعلب القطبى.

(٢) التايبجا : يتوافق التوزيع الجغرافى للتايبجا أو الغابات المخروطية conif-crous مع المناخ القارى دون القطبى subarctic وتربة البدزول podsol وهذه البيئة هى بيئة التساقط القليل فى شكل ثلوج والتبخر ـ نتح القليل أيضا، ومن ثم ينتج عن ذلك رشح للفائض المائى فى قطاعات التربة، ونظرا إلى أن الأشجار المخروطية من الأنواع الدائمة الخضرة فإن بإمكانها بدء عمليات التمثيل الضوئى فى موسم الصيف دون انتظار نمو شجرى جديد، وتعمل الأشجار على الاستفادة

حشائش مدارية

حشائش معتدلة

صحراوى

غابات مدارية ممطرة

سفانا

النبات الطبيعى فى العالم

« توزيع مبسط »

(شكل ٣٨)

بأقصى ما يمكن من الطاقة الشمسية المحدودة فى هذه العروض العليا وتعمل جذورها القصيرة على الاستفادة من التربة عند ذوبان الجليد.

أما التربة هنا فإنها مشتقة أساسا من العمليات الجليدية glăciation وهى فقيرة فى محتواها الغذائى، ويتميز الدوبال بحموضته الشديدة لكونه ينتج عن تحلل بطىء للأوراق الإبرية الفقيرة أصلا فى محتواها من المواد الغذائية.

وبالنسبة للأحياء الدقيقة ومنها « دودة الأرض » فإنها لاتجد لها هنا بيئة ملائمة وبالتالى فتقليب التربة وخلطها محدود للغاية ومن ثم تبقى المواد العضوية على السطح وقتا طويلا قبل أن تتحلل، وأهم الحيوانات هنا الدب القطبى.

(٣) الغابات المعتدلة: توجد أساسا فى غرب أوروبا وشرق الولايات المتحدة وشرق الصين وفى نيوزيلندا وفى تشيلى بأمريكا الجنوبية، وتوجد أنواع عديدة من الغابات فى هذا النظام البيئى تتمثل فى غابات غرب أوروبا فى بريطانيا وأيرلندا وهى هنا غابات نفضية، والتربة بنية اللون يتسرب الماء خلالها بسرعة إلى الطبقات التحتية من التربة وخاصة خلال فصل الشتاء مع ازدياد المطر وانخفاض التبخر - نتح، ولكنها قد تجف صيفا وعندما يتفوق التبخر - نتح على المطر، وهى غنية بالمواد الغذائية بسبب أشجارها ذات الجذور الممتدة لمسافة رأسية بعيدة عن التربة والتى يمكنها بهذه الخاصية أن تستخرج المواد الغذائية من الصخور المجواة كيماويا، لتعيدها إلى التربة كمواد عضوية أثناء سقوط الأوراق فى الخريف.

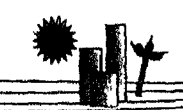
والدوبال فى التربة حمضى نسبيا، وتقوم الأحياء الدقيقة وديدان التربة بخلط مكوناتها وتقليبها سواء كانت مكونات عضوية أو غير عضوية، وتحتاج هذه التربة إلى الجير (رغم خصوبتها) وذلك لمعادلة الحموضة، وتقوم هنا زراعات القمح فى مساحات واسعة. أما أنواع هذه الغابات فى أمريكا الشمالية فهى نفضية أيضا ولكنها أكثر تنوعا حيث يوجد بها ما بين ٤٠ و ٥٠ نوعا بالمقارنة بنحو ١٥ نوعا فقط فى غرب أوروبا، ومن أشجارها القسطل chestnut والبلوط oak. وإلى الشمال فى هذه الغابات توجد غابات مختلطة تشتمل على أشجار انفضية ومخروطية. وتوجد فى مناطق كثيرة من حوض البحر المتوسط الأشجار ذات الأوراق العريضة وبعض أنواع المخروطيات ولكن معظمها قد أزيل وحلت محله الزراعة منذ فترات زمنية قديمة، ومن أهم حيوانات الغابة النفضية الثعالب والدببة والأرانب البرية.

(٤) الحشائش المعتدلة: تتمثل أساسا فى برارى أمريكا الشمالية واستيبس وسط آسيا وبمباس أمريكا الجنوبية وفلد Veld جنوب أفريقيا. وتظهر فى برارى أمريكا الشمالية ثلاثة أنواع من التربة تمتد من الشمال إلى الجنوب وسط القارة، يعرف النطاق الشرقى منها بتربة البرارى حيث الحشائش الطبيعية الطويلة (أطول من المتر) وفى الوسط تربة الشرنوزم chernozem أو التربة السوداء حيث تقصر الحشائش، أما فى التربة الكستنائية الأكثر جفافا فى الغرب فتبدأ الحشائش فى التكاثر والاختلاط بالأعشاب القصيرة، وفى الأنواع الثلاثة من التربة سابقة الذكر، تتساوى كميات المطر مع طاقة التبخر - نتح (نحو ٧٥٠ ملم فى السنة) وتصل نسبة حموضة التربة PH ٦ مع وجود أملاح مذابة فى الأفق (أ) من التربة مع عدم وجود تراكمات كلسية على السطح. وكثيرا ما تتعرض التربة لعملية غسيل leaching باتجاه الطبقات التحتية، وذلك بسبب زيادة طاقة التبخر بالاتجاه غرباً.

وفى تربة الفلد بجنوب إفريقيا يوجد نوع من التوازن فى النظام البيئى، ونفس الحال فى وسط آسيا حيث الظروف المناخية أجف بالمقارنة بها فى أمريكا الشمالية، ولذلك فالغطاء النباتى أقل كثافة والحشائش أقصر، وقد انعكس ذلك على نقص كمية الدوبال إلى جانب قلة محتوى التربة من المياه مما يجعلها أقل خصوبة من تربة التشرنوزم الأمريكية. وإذا ما تعرضت هذه الأنواع من التربة للجفاف لظروف عدم تساقط المطر خلال فترات متعاقبة، فإنها كثيرا ما تعرى بفعل الرياح مثلما حدث فى الثلاثينيات من هذا القرن فى ولايات أركانسس وكلورادو وتكساس.

(٥) الشاپارال: من الأشجار التى تستطيع أن تستمر من خلال تكيفها مع جفاف فصل الصيف الطويل ومنها أشجار الفلين دائمة الخضرة، ويبدو الغطاء النباتى متباعدا وذلك لحاجة كل شجرة لمساحة كبيرة نسبيا لتتصيد منها المياه، ومعظم الأشجار هنا ذات أوراق سميكة ومنها الزيتون وأشجار بلوط الفلين cork. oak. والتربة هنا متدهورة بسبب الرعى الجائر overgrazing.

(٦) الصحراء: توجد الصحارى وشبه الصحارى semidesert بالعروض الوسطى ودون المدارية داخل القارات، يطلق على الأولى الصحارى الباردة وأهم



مناطقها أحواض كولومبيا وسنيك شمال غرب الولايات المتحدة فى ظل جبال كسكيد، وصحراء جوبى وسط آسيا شمال جبال الهيمالايا، وتختلف هذه الصحارى عن الصحارى المدارية الحارة (مثل الصحراء الكبرى فى إفريقيا وأتكاما فى أمريكا الجنوبية وصحراء غرب أستراليا والجزيرة العربية) بوقوعها فى مناطق هواء هابط من مناطق الضغط المرتفع دون المدارى إلى جانب دور التضاريس فى منع الأمطار من الوصول إليها كما هو الحال فى صحراء جوبى وثار.

ويعد المناخ صحراويا إذا ما قل المطر السنوى عن ١٢٠ ملم وشبه صحراوى ما بين ١٢٠ـ ١٥٠ ملم. وإن كان هذا التصنيف يتجاهل طاقة التبخر ـ نتح وتوزيع المطر خلال شهور السنة.

والصحارى الحقيقية هى تلك المناطق التى يزيد فصل الجفاف بها على سبعة أشهر ونصف شهر، مع قلة المطر وعدم انتظام سقوطه، وهو عادة ما يسقط فى شكل عواصف ممطرة فجائية، والنباتات الصحراوية لها القدرة على التكيف مع ظروف الجفاف من خلال أوراقها السميكة الشمعية التى تختزن بها المياه مثل الصباريات أو من خلال تحور أوراقها فى شكل أشواك وغير ذلك من وسائل التكيف مع ظروف المناخ الجاف. ونظرا لقلة المياه فإن التربة الصحراوية تحتوى على الأملاح مثل الصوديوم والبوتاسيوم وهى بالتالى تتميز بخصوبتها الكامنة، ويمكن أن تعطى إنتاجية عالية لعدد من المحاصيل، إذا توافرت لها المياه عن طريق مشاريع الرى المختلفة وأضيفت إليها المخصبات العضوية التى تفتقر إليها.

ومن المشكلات المرتبطة بالتربة الصحراوية تراكم الأملاح على السطح فى الأفق الذى تمتد فيه جذور النباتات بسبب زيادة طاقة التبخر وصعود المياه فى حركة رأسية حاملة معها المواد الملحية الذائبة والتى تتبقى على السطح بعد تبخر المياه وتظهر فى شكل قشور ملحية salt crusts بيضاء اللون من كلوريد وكربونات الصوديوم، وفى الأراضى القلوية الملحية تتكون على السطح قشرة سوداء من تراكم كربونات الصوديوم.

وفى مناطق أخرى تتكون الطبقات الجيرية بسبب عملية ذوبان كربونات الكالسيوم والمغنسيوم وانتقالها إلى سطح التربة أو تحت السطح مباشرة، وقد تكون

هذه الطبقة الجيرية نتاج ظروف مناخية سابقة أوفر مطرا مما هو موجود فى الصحارى فى الوقت الحاضر (خالد رمضان، ١٩٨٤، ص ٨٦) وأهم حيوانات الصحارى الإبل والقوارض rodents والزواحف reptiles.

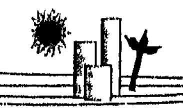
(٧) الغابات المدارية الرطبة: تغطى هذه الغابات مساحات واسعة فى حوض الأمزون (٥ مليون كم٢) والأورينوكو فى أمريكا الجنوبية ومعظم حوض زائير وساحل غرب إفريقيا (ساحل غانا) ومساحات واسعة جنوب شرق آسيا.

وتعد من أكثر النظم البيئية تنوعا حيث تشتمل على أكثر من ٢٠ ألف نوع فى غابات أمريكا الجنوبية وشرق آسيا، ونحو ٧٠٠٠ نوع فقط غابات إفريقيا (Harris' P 244) وبالتالى يمكن اعتباره نظاما بيئيا إيكولوجيا متعدد الخصائص heterogenous ecosystem حيث يوجد فى الهكتار الواحد ٤٠ نوعا من الأشجار، بينما تبلغ فى الغابات النفضية ١٢ نوعا فقط، وهذه الخاصية جعلت هناك صعوبة بالغة فى استغلال موارد هذه الغابات بجانب العديد من الصعوبات الأخرى.

ويرجع هذا التنوع إلى عوامل بيئية تتمثل فى الأمطار الغزيرة الدائمة الحرارة المرتفعة طول العام. وهذا بالطبع نمط مناخى ملائم تماما لنمو مثل هذه النباتات. ويعتقد بعض علماء الجغرافيا الحيوية أنها أقدم النظم النباتية فى العالم مع الأخذ فى الاعتبار اختلاف أعمارها من منطقة إلى أخرى.

وتختلف أشجار هذه الغابات فى أطوالها حيث تنقسم إلى ٣ فئات حسب الطول، الأولى أشجار أطول من ٢٥ مترا وأشجار متوسطة طولها ما بين ١٠ - ٢٥ مترا والقصير منها أقل من ١٠ أمتار، والفئة الأولى أكثر استقامة ومعظمها ذات جذور قصيرة تكثر أسفلها الأشجار المتسلقة بسبب قلة الضوء، كما تنمو العديد من النباتات المزهرة ذات الأوراق العريضة.

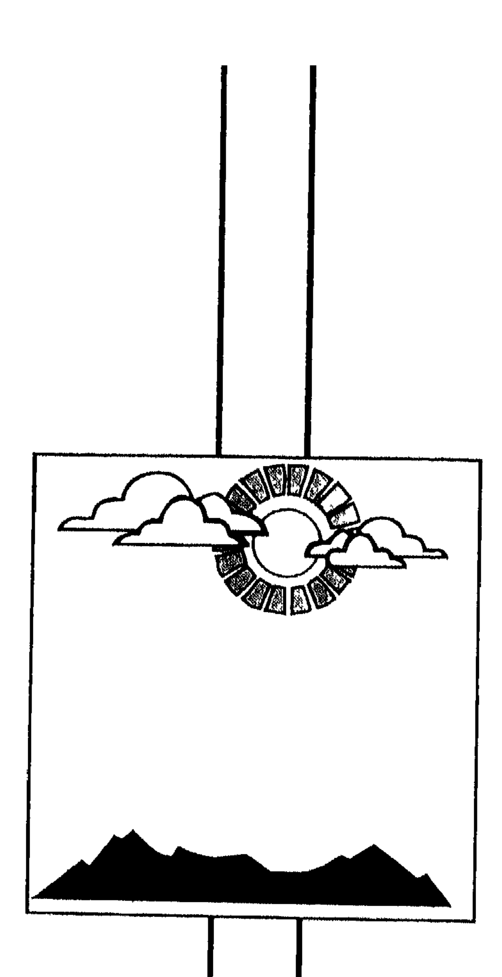
والتربة هنا من النوع المدارى الأحمر بسبب نشاط عمليات التجوية الكيماوية للتربة وهى خصبة جدا فى المراحل الأولى من زراعتها ولكنها سرعان ما تفقد خصوبتها بعد تعرضها لعمليات الغسيل مما جعلها ترتبط بنظام الزراعة المتنقلة.



يبلغ سمك هذه التربة أكثر من عشرة أمتار، وهى شديدة التماسك تشبه الطوب الأحمر عقدية التركيب ترتفع بها نسبة أكاسيد الحديد وبالبعد عن خط الاستواء يظهر فصل جفاف يزداد طولا كلما ابتعدنا شمالا وجنوبا، وينعكس ذلك بالتالى على النمو الشجرى ليتحول إلى أشجار متباعدة إلى أن يختفى النمط الشجرى فى المناطق التى يزيد فيها فصل الجفاف عن شهرين ونصف.

(٨) حشائش السافانا المدارية : تطلق عادة على المنطقة المحصورة بين الغابات المطيرة والصحراء، وأجزاء منها فى الواقع تنتمى إلى نمط الإقليم الموسمى التى تظهر بوضوح أكثر فى أمريكا الجنوبية. والتربة هنا حديدية ferru-ginous (لاتوسولا) متوسطة الجودة بالنسبة للزراعة، وتختلط هنا الأشجار مع الحشائش إلى أن تسود الحشائش بالابتعاد شمالا وجنوبا من خط الاستواء وقد تصل أطوالها إلى أكثر من ٣,٥ ثلاثة أمتار ونصف ومن الأشجار هنا الأكاشيا والباوباب baobab وفى أستراليا تنتشر حشائش السافانا فى نطاق عرضى من الشرق إلى الغرب شمال الصحراء الأسترالية، وتظهر فى أمريكا الجنوبية فى إقليم اللانوس فى فنزويلا والكامبوس فى البرازيل.

وتعد هذه المناطق من مناطق المستقبل الزراعى، وأهم الحيوانات هنا من آكلات العشب الزراف ووحيد القرن، ومن آكلات اللحوم الأسود والنمور، وتنتشر هنا ذبابة تسى تسى tse tse والجراد الذى يأتى أساسا من الصحارى الحارة.



مصطلحات في
الجغرافيا الطبيعية



A

Abrasion	البرى بفعل الرياح أو بفعل الأمواج
Absolute Humidity	الرطوبة المطلقة
Acid	حمض
Acidity	حمضى
Adaption	تكيف
Adiabatic Colling	تبريد أدياباتى
Air Masses	كتل هوائية
Algae	طحالب
Alluvial Fan	مروحة فيضية
Alluvial Deposite	رواسب فيضية
Alpedo	ارتداد الأشعة من أى سطح
Angle of Dip	زاوية الميل
Anticline	التواء محدب
Annual	سنوى
Aquatic - Life	حياة مائية
Aquifer	خزان ماء جوفى
Artesian - Well	بئر ارتوازية
Arches - and - Stacks	أقواس ومسلات بحرية
Archipelago	أرخبيل جزرى
Arcuate - Delta	دلتا مروحية
Ash	رماد
Astoronomy	علم الفلك
Association	تكامل
Asymmetrical - Fold	التواء غير منتظم

Attrition

عملية طحن المفتتات فى مجرى النهر أو على الشاطئ بفعل اصطدامها ببعضها

Atom	ذرة
Atomic	ذرى
Attributes	اتجاهات
Attraction	جذب (استقطاب)

B

Back Wash	ارتداد الأمواج تجاه البحر
Bajada	بهادا
Bang Kiang	حفر توجد فى رواسب مفككة تشكلت بفعل الرياح
Barchans	الكثبان الهلالية
Bars	حافات رملية شاطئية
Basins	أحواض
Batholithe	
Beat	لبد نباتى
Beach	بلاج رملى
Bed Load	حمولة قاع النهر
Bedding Plane	سطح الطبقية (سطح انفصال)
Beheaded River	نهر مأسور
Bench	مصطبة
Blind	نهر أعمى (يوجد فى المناطق التى تسودها تعرية كارستية)
Block Disintegration	تفكك كتلى للصخر
Block Faulted	تصدع كتلى
Bluffs	حوائط نهرية
Bog	مستنقع ملىء بالمواد العضوية المتحللة ويتميز بسوء الصرف
Borrowing Organisms	كائنات حفارة

Boulders جلاميد

Breakers أمواج التكسر

Bulky كبير الحجم

Byoyancy طفو أو تعويم

C

Capricorn مدار الجدى

Calcicoles نباتات محبة للقلويات

Calcification مواد تكلست

Calcifuges نباتات محبة للحموضة

Canopy تاج أشجار الغابة

Capillary الخاصة الشعرية

Capacity المقدرة

Carrying - Capacity المقدرة على التحمل (طاقة التحمل)

Carbon Dioxide ثانى أكسيد الكربون

Capturing River (Stream) نهر آسر

Cataracts جنادل

Catchment Area منطقة تصيد للأمطار

Chernozem تربة التشرنوزم السوداء (تربة خصبة)

Chestnut قسطل

Chinook رياح الشنوك الدافئة غرب أمريكا وتعنى بلغة الهنود الحمر أكلة الثلوج

Cinders مفتتات وشطا تخرج أثناء انفجار البركان

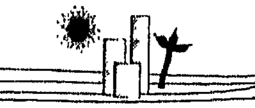
Cirques حلبات جليدية

Compound مركب

Compressional Forces قوى الضغط

Complexity تعقيد

Concave سفح مقعر



Cone مخروط
Conelets مخروطات (مخاريط) بركانية صغيرة الحجم
Contraction انكماش
Continentality القارية
Convective تصعيدى
Convection تصعيد
Convectional - Rain مطر تصاعدى (انقلابى)
Corrasion نحت ميكانيكى تقوم به الأنهار لتفتيت الصخور.
Corrosion نحت كيماوى تقوم به الأنهار لتفتيت الصخور
Crack تشققات (شقوق صخرية)
Crevasses تشققات فى الكتل الجليدية
Cumulus سحب طباقية
Cyclones منخفضات جوية (أعاصير)
Cusps مسننات شاطئية

D

Decidous غابة نفضية
Decilification إزالة المواد السليكية
Deflation تذرية
Deflation Basins أحواض تذرية
Deforestation إزالة الغابة
Dentritic Patter نمط شجرى (يطلق على أحد أنظمة التصريف النهرى)
Dentdrochronology علم التقويم النباتى
Denudation نحت
Desertification تصحر
Desert Bavement رصيف صحراوى
Deranged Pattern نمط تصريف مقلقل

Dew - Point	نقطة الندى
Dip - Slope	انحدار الميل
Discharge	تصرف النهر
Destributary	فرع النهر
Dolderum	الرهو الاستوائى
Domal Structure	بنية قبابية
Down Throw	الرمية السفلى للصدع
Drainage Density	كثافة التصريف
Drickanter	حصى هندسى هرمى الشكل
Drift	إزاحة
Drought	جفاف
Drumlins	كثبان جليدية
Dune Colony	مستعمرة كثيبية
Durnal	يومى
Dynamic	ديناميك
Dykes	سدود رأسية
Ductlility	لدونة (قابلية المعدن للسحب إلى شعيرات معدنية)

E

Earth Flow	جريان أرضى
Erath Heat Budget	ميزانية الحرارة الأرضية
Ecology	علم الإيكولوجيا (يدرس العلاقات المختلفة بين الكائنات الحية)
Ecosystem	نظام إيكولوجى
Ecotype	نمط إيكولوجى
Ecotone	منطقة فاصلة بين مجموعتين مختلفتين من الأحياء
Edaphic Factors	عوامل بيولوجية
Edge	حد (حافة)

Eddies	دوامات
Eikanter	حصى ذو وجهين وحافة حادة
Elbow Capture	كوع الأسر
Environment	بيئة
Energy	طاقة
Eolian	هوائى
Epiphytes	نباتات متطفلة
Equator	خط الاستواء
Equatsrial	استوائى
Equilibrium	توازن
Erosion	تعرية
Erosional Cycle	دورة التعرية
Erratic Blocks	كتل ضالة (تائهة) فى المناطق التى تسودها تعرية جليدية
Escarpment	حافة هضبية أو صلية
Eskar	حافة طولية متعرجة ناتجة عن إرساب جليدى - نهرى
Estuary	مصب نهرى خليجى
Evaporation	التبخر
Evaptranspiration	تبخر - نتح
Expansion	تمدد
Exfoliation	تقشر ناتج من تجوية الصخور
External Drainage	تصريف خارجى

F

Fault Plane	خط الصدع
Faulting	تصدع
Fecundity	القابلية للتكاثر
Fermination	تخمر

Fertility	خصوبة
Ferns	السرخسيات
Ferrogenous	حديدى
Fetch	المسافة التى تتحرك عليها الرياح أو الأمواج
Fissures	شقوق
Flesh Eaters	آكلات اللحوم
Flow resources	موارد جارية
Fluctuations	تقلبات
Fluid	سائل
Fluvial	نهرى
Fluvio Glacial	نهرى جليدى
Fog	ضباب
Folding	التواء (طى فى الطبقات الرسوبية)
Fold Mountains	جبال التوائية
Force	قوة
Fore Shore	شاطئ أمامى
Forest	غابة
Freezing	تجمد
Friction	احتكاك
Fringing Reef	إطار مرجانى
Fronts	جبهات
Frontal	جبهى
Fuel	وقود
Furrows	حفر طولية

G

Gasious	غازى
Generation	تولد

Geophysics	طبيعة أرضية
Geometry	هندسة
Geothermal	حرارة أرضية
Geosyncline	حوض جيولوجى قديم (مقعر)
Glaciation	تعرية جليدية
Glaciers	أنهار جليدية
Glaciology	علم الجليد (جلاسيولوجى)
Gley Soil	تربة زلقة
Glassy	زجاجى الملمس
Gorge Like	خانق أرضى
Graded Stream	نهر متعادل (متوازن)
Gravel	حصباء
Grasses	حشائش
Gravitation	جاذبية
Grove	أجمة
Gyratory	حركة دورانية للمياه بسبب دوران الأرض

H

Habitat	موطن معيشة الكائن الحى
Hail	برد
Halomorphic Soil	تربة ملحية
Halictite	أعمدة مائلة من الترافرتين
Hazards	أخطار
Headland	رأس أرضية
Head Ward Erosison	نحت صاعد
Heat Island	جزيرة حرارية
Heat Radiation	إشعاع حرارى

Herbs — أعشاب

Herbivores — حيوانات عاشبة

Hemisphere — نصف الكرة

Heterogenous — متعدد الخصائص

High Frequency — تردد عالى

Homothermic — ذوات الدم الحار

Horizone — أفق

Host — كائن عائل لغيره

Horst — هورست

Humidity — رطوبة

Humus — دوبال

Human Ecology — إيكولوجيا بشرية

Hummocks — كدوات

Hydrology — علم الماء

Hidrolisis — التحلل بفعل الماء

Hydration — تميوء

Hydrophyts — نباتات مائية (محبة للرطوبة)

Hydrosaline — تربة رطبة ملحية

I

Identification — التعرف على (تشخيص)

ImersedBody — جسم مغمور

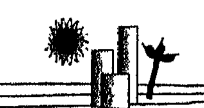
Impurities — شوائب

Insulator — عازل

Inselberge — جزيرة جبلية

Insoluble — غير قابل للإذابة

Internal Drainage — تصريف داخلى



Intrenched Meander	ثنية متعمقة
Isohaline	خط الملوحة المتساوى
Isolation	عزلة
Isotherms	خطوط الحرارة المتساوية
Isthmus	برزخ

J

Jet Stream	تيار نفاث
Joints	فواصل صخرية
Jointing	تفصل صخرى
Junction	وصلات صخرية

K

Kientic Energy	طاقة حركية
Karst	كارست

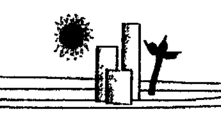
L

Lagoon	بحيرة ساحلية طولية (هور)
Lamination	تورق الصخر
Landforms	الأشكال الأرضية
Landslide	الانزلاق الأرضى
Latent Heat	الحرارة الكامنة
Lateral	جانبى
Latterite	تربة مدارية حمراء
Law of lemiting Factors	قانون العوامل المحددة
Layers	طبقات
Leaching of Soil	غسيل التربة

Lianas	نباتات متسلقة
Lichens	أشنات (فطر)
Light Rays	أشعة ضوئية
Limestone	حجر جيرى
Liquid	سائل
Liquidity	سيولة
Lithsphere	الغلاف الصخرى
Lithosol	تربة صخرية
Littoral Zone	منطقة شاطئية ضحلة
Litter	بقايا نباتية
Loess	تربة هوائية (اللويس)
Long Shore Current	تيار طولى ممتد أمام الشاطئ
Longitudinal Dunes	كثبان رملية طولية

M

Magma	صهير نارى
Man Made	من صنع الإنسان
Mass wasting	انهيارات أرضية
Maritime	بحرى
Meadows	مروج
Meander Belt	نطاق الثنية النهرية
Meandering	انعطاف أو تثنى النهر
Meteoric Water	مياه جوية (مصدرها المطر ومظاهر التساقط)
Monsoon	الرياح الموسمية
Morains	ركامات جليدية
Mosses	حزازيات (نباتات دقيقة)



N

Near Shore	الشاطئ القريب
Normals	معدلات
Northern Hemisphere	نصف الكرة الشمالى
Nutrient	المواد الغذائية فى التربة أو فى قاع البحيرات

O

Oak	أشجار البلوط
Oases	واحات
Obliquely	بانحراف (منحرف)
Oghord dune	كثيب رملى نجمى الشكل
Open System	نظام مفتوح
Orbit	مدار (فلك)
Orbital Motion	حركة مدارية
Organic Matter	مادة عضوية
Organsms - Micro	أحياء مجهرية
Out Wash Plain	سهل رسوبى جليدى
Out Crop	مكشف الطبقات
Over Grazing	رعى جائر
Over Thrust	الرمية العلوية من الصدع
Over turned Fold	طية مقلوبة
Oxidation	تأكسد
Ox Bow Lake	بحيرة متقطعة فى السهل الفيضى

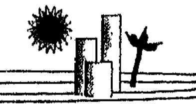
P

Particles	جزيئات المادة
Pedestal Rocks	صخور ارتكازية

Peninsula	شبه جزيرة
Percolation	تخلل المياه لمسامات التربة
Perma Forst	جليد دائم (صقيع دائم)
Permeabile Rock	صخر منفذ
Permeability	نفاذية
Pervious Rock	صخر ممرر
Pillar Like Rocky Masses	صخور فى شكل أعمدة
PH	درجة تركيز أيون الأيدروجين (درجة الحموضة)
Pinnat Pattern	نمط تصريف ريشى
Pitting	تنقير الصخر
Platform	رصيف
Playa	بلايا
Polar Region	إقليم قطبى
Polje	بولج (حوض طولى كارستى)
Porosity	مسامية الصخر
Porosus	مسامى
Pot holl	حفرة وعائية
Pot holling	حفر وعائى
Potential Energy	طاقة كامنة
Precipitation	تساقط
Preservation	حماية
Pressure	ضغط

Q

Quality	نوع (نوعية)
Quantity	كم (كمية)
Quantitative Approqach	منهج كمى
Quarrying	احتجار (تحجير)



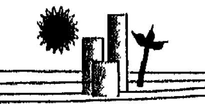
R

Radial drainage	تصريف إشعاعى
Radiation	إشعاع
Radiant Energy	طاقة إشعاعية
Rain Drope	قطرات المطر
Recession	تراجع (تقهقر)
Rectangular	مستطيل
Reforestation	إعادة تشجير الغابة
Regolith	مفتتات صخرية على السطح
Relative	نسبى
Relics	بقايا صخرية
Reptiles	زواحف
Reindeer	حيوان الرنة
Rejuvenation	إعادة الشباب (التصابى)
Revers Fault	صدع معكوس
Ria	سواحل الريا (سواحل خليجية)
Ridge	عرق جبلى
Rift Valley	وادى أخدودى
Rip Current	تيار شقى مرتد نحو البحر
Rock Sliding	انزلاق صخرى
Rock Fall	سقوط صخرى
Rodents	قوارض

S

Saltation	قفز الحبات الصخرية
Salt Crust	القشرة الملحية
Sand Ripples	نيم الرمال

Satuation	تشبع
Scree	ركام السفوح (هشيم السفوح)
Sediments	رواسب
Sedimentary	صخر رسوبى
Semisolid State	حالة شبه صلبة (نصف صلبة)
Seifs	غرود رملية طولية (سيوف رملية)
Sinkholes	حفر فى صخور جيرية (قشعات)
Sills	جدد غائرة
Slip of slopes	سفوح الانهيار
Slip face	وجه انهيار
Smog	ضبخان
Slump	انزلاق صخرى ذو دورة خلفية
Snout	أعالى الأودية الجليدية
Soil	تربه
Spits	ألسنة متوغلة فى المياه الشاطئية
Springs	ينابيع مائية
Strata	طبقات
Stratum	طبقة
Stratigraphy	علم الطبقات
Stratus	سحب طباقية
Submerged	مغمور
Syncline	التواء مقعر
Subsoil	ما تحت التربة
Subarctic	دون القطبى
Subtropical	دون المدارى
Surface Roughness	خشونة السطح
Surf Zone	منطقة تكسر الأمواج



Submarinc Canyon		خانق بحرى
Tenperature Inversion	**T**	انقلاب فى درجة الحرارة
Terminal Morains		ركامات نهائية
Terrace		مدرج
Terracing		تدريج السفوح الجبلية
Terrestrial Radiation		إشعاع أرضى
Troposphere		تروبوسفير
Thermosphere		ثرموسفير
Texture		نسيج
Thunder Storm		عاصفة رعدية
Trench		أخدود بحرى
Turbidity		اضطراب (تحرك دوامى)
Tundra		تندرا
Turnadoes		عواصف الترنادو
Ultra Violet Rays		أشعة فوق بنفسجية
Unconsolidated	**U**	غير متماسك
Unidirectional Wind		رياح تهب من اتجاه واحد
Under cutting		تقويض سفلى
Universe		الكون
Upfold		التواء محدب
Up slope		أعالى السفح
Up Stream		أعالى النهر
Urban Heat Island		جزيرة الحرارة بالمدينة

V

Vapour	بخار ماء
Velocity	سرعة الجريان
Vegitation	نبات
Vent	عنق البركان
Ventifacts	حصى هندسى
Vertical Zonation	نطاقية رأسية
Vertical Erosion	تعرية رأسية
Volcanoes	براكين
Volume	حجم
Viscousity	اللزوجة
Volcanic Eruptions	طفوح بركانية

W

Water Divides	مناطق تقسيم المياه
Water Fall	مسقط مائى (شلال)
Water Vapour	بخار الماء
Westrlies	الرياح الغربية (الغربيات)

X

Xerophytes	نباتات تتحمل الجفاف

Y

Yarding	ظاهرة الياردنج
Youth Stage	مرحلة الشباب



Z

Zonation	نطاقية
Zonal	نطاقى
Zonal Soil	تربة نطاقية
Zeugens	ظاهرة الزيوجين

مقاييس ومعلومات تهم الجغرافى الطبيعى

أولا المقاييس :

١ ـ الأطوال Lenghs :

١ كم = ١٠٠٠ متر = ٦٢١, من الميل = ٥٤٠, من الميل البحرى.

١ م = ١٠٠ سم = ٣٦,٤ بوصة = ٢,٢٨ من القدم = ١,٠٩ من الياردة.

١ سم = ١٠ مللم = ٣٩٤, من البوصة.

الميل البحرى = ١٨٥٣ متر.

العقدة = تعنى الميل البحرى ويستخدم لقياس سرعة السفن أو التيارات المحيطية وهى = ٨٥٣, كم / ساعة أ، ٥١٤ متر/ ثانية.

القامة = ٦ قدم = ١,٨٢٨ متر.

الميكرومتر = $\frac{١}{١٠٠٠}$ من المليمتر.

٢ ـ المساحات :

١سم٢ = ١٥٥, بوصة مربعة.

١ متر مربع = ١٠,٨ قدم مربع.

١ كم٢ = ٣٨٦, ميل مربع.

هكتار واحد = ٢,٤٧ من الفدان = ١٠,٠٠٠م٢

٣ ـ الحجوم Volumes.

١ كم٣ = ١٠^٩ متر مكعب = ١٠^١٥ سم٣ = ٢٤, ميل٣.

١م٣ = ١٠,٠٠٠ لتر =٣٥,٣ قدم مكعب= ٢٦٤جالون أمريكى= ١٠^٦ سم٣

لتر واحد = ١٠,٠٠٠سم٣ = ٢٦٤, جالون أمريكى.

١ سم٣ = ٦١, بوصة مكعبة.



٤ ـ الكتلة (الوزن) **mass**

الطن المترى الواحد = ١٠^٦ كجم = ٢٢,٥ رطل.

كيلو جرام واحد = ١٠^٣ جرام = ٢,٢٠٥ رطل.

جرام واحد = ٠٣٥, من الأوقية.

٥ ـ السرعة **speed** :

المتر/ ثانية = ٢,٢٤ ميل/ ساعة = ١,٩٤ عقدة (ميل بحرى)/ ساعة.

سم/ ثانية = ٢٣, قدم/ ثانية.

٦ ـ درجة الحرارة **temperature** :

درجة الحرارة المئوية = الدرجة الفهرنهيتية - ٣٢ ÷ ١,٨ .

درجة الحرارة الفهرنهيتية = ١,٨ (درجة الحرارة المئوية) × ١٠ + ٣٢

٧ ـ الطاقة **Energy** والضغط الجوي **Air Pressure**:

جرام واحد = سعر حرارى واحد Calorie وهو عبارة عن وحدة حرارية = ١ ÷ ٨٦٠ وات/ ساعة (watt/hour).

«بار» واحد = ١٠٠ ملليبار ويقصد بالبار الوحدة الديناميكية لقوة الضغط على السنتيمتر المربع.



ثانيا : معلومات هامة

ـ قانون الطفو : ينص هذا القانون على أن الجسم المغمور فى وسط ما يفقد ظاهريا جزءا من وزنه مساويا لوزن الجزء المزاح، حيث يولد السائل ضغطا على أى شيء مغمور فيه وذلك فى جميع الاتجاهات، ولذلك نجد أن الذرات والمفتتات المغمورة فى الأنهار تفقد تقريبا ٤٠٪ من وزنها مما يسهل على النهر نقلها.

ـ الشغل Work : ينتج من قوة تتغلب على مقاومة ويمكن قياسه من خلال ضرب القوة فى مسافة تحريكها للمقاومة، فمثلا إذا تم رفع ثقل وزنه خمسة كيلوجرامات لمسافة ستة أمتار فإن من رفعه قد أدى شغلا يساوى ٥ ×٦ = ٣٠ متر ـ الكيلوجرام.

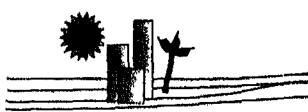
ـ الطاقة Enargy هى الكمية الكلية للعمل أو الشغل الذى يمكن أن تؤديه آلة أو رجل إلخ. وتوجد أنواع من الطاقة ذكرت فى أول الكتاب.

ـ القدرة Capacity تمثل كمية الشغل أو العمل الذى يؤدى فى وحدة زمنية معينة، فالسيارة مثلا بمحركها تولد قدرة معينة وليست طاقة.

ـ القوة Force شغل التأثير الذى ينتج عنه تعديل أو إيقاف حركة جسم صلب أو التأثير الذى ينتج عنه تغيير شكل جسم مرن ويمكن قياسها بوحدات وزن معينة.

ـ قانون بقاء كمية الحركة : ينص على أن الجسم الساكن لا يمكنه أن يتحرك بدون تأثير قوة من الخارج، والجسم المتحرك يظل متحركا بنفس السرعة وفى خط مستقيم، ما لم تؤثر عليه قوة تغير حركته، ويفسر هذا القانون على سبيل المثال استمرار تحرك الكرة إلى الأمام بعد أن تترك قدم اللاعب.

ـ الاحتكاك Friction: تمثل القوة التى تقاوم حركة الأشياء، وهناك نوعان من الاحتكاك الأول المنزلق sliding friction مثل انزلاق صندوق على سطح الأرض بحيث يحدث احتكاك بينهما مما يسبب مقاومة للحركة تعرف بالاحتكاك مما



يتطلب بذل مجهود كبير لدفع الصندوق. والنوع الثانى الاحتكاك المتدحرج rolling مثل تحريك أسطوانة على سطح الأرض، وفى هذه الحالة تكون مقاومة الاحتكاك أقل من النوع الأول، ومن ثم يتطلب جهدا أقل، ولذلك يعد اختراع العجلات منذ نحو ٥٠٠٠سنة واحدا من أهم الابتكارات فى تاريخ الحضارات لأنها سهلت كثيرا من عمليات النقل. ولا ننس هنا أهمية مقاومة الهواء للحركة من خلال احتكاكه بالأشياء.

ـ المرونة : هى عبارة عن طاقة أى جسم على استعادة شكله أو حجمه الأصلى بعد زوال العامل الذى أثر عليه، ومن ثم نجد أن الغازات والسوائل مرنة تماما عكس الحال مع الأجسام الصلبة.

ـ اللزوجة : عبارة عن قدرة ذرات أو جزيئات السوائل على الحركة حول بعضها البعض وكلما قلت الحركة كان السائل أكثر لزوجة مثل الزيت.

ـ انكسار الضوء : يسمى الانحناء الذى يتعرض له الضوء عند انتقاله من الهواء إلى الماء أو العكس بالانكسار والذى يحدث عند نقطة التقاء الهواء بالماء، ويرجع ذلك إلى اختلاف الكثافة بينهما حيث تقل سرعة الضوء من انتقاله من مجال ذى كثافة أقل إلى مجال ذى كثافة أكبر وفقا لقانون سنل.

قياس الضغط الجوى : يقاس بوحدة المليبار وهى تساوى تقريبا واحدا من الألف من الضغط الجوى الواقع على مساحة قدرها سم٢ وكان يقاس سابقا بالبوصة وأعلى ضغط سجل كان ١٠٧٥ ملليبار وذلك فى سيبيريا عام ١٨٧٧ وأقل ضغط كان ٨٨٧ وقد سجل فى مركز إعصار بالمحيط الباسيفيكى، وذلك فى شهر أغسطس عام ١٩٢٧.

ـ الكالديرا : منخفض ضخم فى أعالى البركان يحل محل القمة التى نسفها ودمرها البركان فى أثناء أحد انفجاراته، وقد يبلغ قطر الكالديرا عشرة كيلومترات أو أكثر.

ـ تصنيف حركة الصخور :

تصنف حركة الصخور إلى أربعة أنواع :

* انزلاق على سطح منحنٍ وتكون المواد المنهارة عبارة عن صخور مفتتة وضعيفة.

* انزلاق على سطح مستو وتكون المواد المنزلقة ذات بنية ضعيفة وفى مستوى مواز لسطح الانزلاق.

* انزلاق على سطح بزاوية ثم انزلاق على سطح منطوٍ.

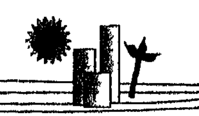
ـ الطاقة الحرارية الأرضية : هى طاقة إضافية موجودة تحت القشرة الأرضية وناتجة أساسا عن وجود الصخور الأرضية فى حالة منصهرة داخل ما يعرف بالماجما.

ـ التركيب الكيماوي للصهير Magma : يتكون الصهير من عناصر ومركبات كيماوية مختلفة أهمها أكسيد السيلكا الذى عندما تزيد نسبته فى الصهير فإن درجة لزوجته تزداد وبالتالى تزداد قوة انفجار البركان. كذلك يوجد فى الصهير بعض المواد الطيارة والغازية التى تعمل على تغيير الضغط الموجود داخل القشرة الأرضية، وذلك تبعا لكميتها ونوعها، ومن أهم هذه المواد بخار الماء وثانى أكسيد الكربون وثانى أكسيد الكبريت والكلور والهيدروجين وغيرها.

ـ الإشعاع الذرى وأثره فى انصهار المواد أسفل قشرة الأرض :

ينتج عن عمليات تحلل نظائر العناصر المشعة مثل : اليورانيوم والثوريوم التى تتميز بوجودها فى حالة غير مستقرة مما يجعلها تتفكك فتنبعث منها جسيمات نووية إشعاعية كهرومغناطيسية تحمل طاقة هائلة تختزنها فى المادة المحيطة فى شكل حرارة تعمل على تسخين الصخور فى باطن الأرض مما يؤدى إلى انصهارها.

ـ الموجات الكهرومغناطيسية : تتولد موجات كهرومغناطيسية تختلف فى طولها وتتماثل فى سرعتها وهى سرعة الضوء، بالنسبة لأطوالها فتقاس بالميكروميتر أو يستخدم فى قياسها وحدات النانو متر، وتنقسم الأشعة الكهرومغناطيسية إلى أحزمة أو نطاقات حسب طول موجاتها وتقاس تردداتها بوحدة الهيرتز.



ـ الطيف الكهرومغناطيسى : هو نطاق متصل من الموجات الكهرومغناطيسية ذات الأطوال المختلفة التى تبدأ من موجات قصيرة وترددات عالية إلى موجات طويلة جدا وترددات منخفضة وتختلف الطاقة المنعكسة أو المنبعثة من الأجسام من حيث ترددها وأطوال موجاتها.

ـ الانتقال الإشعاعى : يقصد به مرور الإشعاع خلال المادة.

ـ الامتصاص الإشعاعى : يشبه تماما استخدام الحرارة فى تسخين المادة.

ـ الانبعاث Emition : يرتبط بدرجة حرارة المادة، حيث إن كل مادة تزيد درجة حرارتها عن الصفر المطلق تبعث الطاقة.

ـ الاستشعار عن بعد Remote Sensing : عبارة عن جمع معلومات عن الظاهرات الأرضية أو القريبة منها دون الاحتكاك المباشر بها.

ـ الراديومتر : جهاز تقاس به الطاقة المشعة بالأرقام وخاصة الإشعاع الحرارى.

ـ الجلمود : قطعة صخرية أكبر حجما من ٦٤ ملم.

ـ المسامية : تمثل النسبة بين حجم الفراغات بالصخر والحجم الكلى للعينة الصخرية، ويمكن حسابها من خلال قياس حجم الماء الذى تمتلئ به الفراغات، ويتمثل فى وزن العينة مشبعة بالماء ناقص وزنها وهى جافة ثم نقسم حجم الناتج على حجم العينة الكلية × ١٠٠ نحصل على النسبة المئوية للمسامية.

ـ الامتصاص : عندما تغمر عينة صخرية فى ماء فإن ما بها من فجوات لا تمتص جمعها الماء بسبب وجود الهواء محبوسا فى عدد منها، وتعرف النسبة المئوية بين حجم العينة الصخرية وحجم الماء الممتص بالنسبة المئوية للامتصاص.

ـ الإجهادات Stresses :

توجد ثلاثة نواع من الإجهادات تتمثل فيما يلى :



أ ـ إجهادات الضـغط وتنتج عن الضغط على الصخور فى مـحاولة لإنقاص حجمه.

ب ـ إجهادات القص Shear Stresses : وتعنى الإجهـادات التى تدفع أو تحرك جزءا من الصخر بالنسبة لجزء آخر.

جـ ـ إجهادات الشد وهى تلك الإجهادات الناتجة عن الشد والتى ينتج عنها شقوق وصدوع بالصخر، وللصخور بجميع أنواعها قوة تحمل للضغوط المختلفة تسمى القوة الضغطية وأيضا قوة تحمل لإجهادات القص تسمى القوة القـاصة وثالثة ضـعيفـة خاصة بإجـهادات الشد تكاد تكون غـير مـوجودة (للدراسـة التفـصيليـة يراجع فخـرى موسى وزمـلاؤه، ص ١٠٨).

ـ الفواصل الصخرية Joints : تظهر فى الصخور فى اتجاهات مختلفة، وهذه الاتجاهات لـها علاقـة واضحـة مع مستـوى التطابق أو مع خطوط انسـياب الصخـر أثناء تكونه، والأخيرة تحـدد فى الصخور النارية باتجـاه البلورات، ويوجد فى الصخور الرسـوبية عادة نوعان من الفواصل المتعـامدة وتوجد فى النارية ثلاثة أنواع من الفواصل.

ـ انتفاش (انتـفاخ) الصلصال : يرجع انتفاش الصلصال إلى مـجموعة من الأسباب مثل رد الفـعل المرن وقدرة بعض أنواعه على امتصاص الميـاه والاحتفاظ بها مما يؤدى إلى زيادة حجمها مثل الكاولين الذى ينتفخ بنسبة ٨٠٪، ويؤدى ذلك إلى ضغط هذه التكوينات على الصخور المجـاورة مما يؤدى إلى انزلاقها أو انهيارها مثلما حدث فى هضبة المقطم، ويستخدم جهاز يسمى مقياس شدة التماسك لتعيين مقـدار انتفاش الصلصال، وهو عـبارة عن حلقة توضع فـيها عينة صلصـالية بين حجرين مساميـين الأسفل غير قابل للحركة بينما يمكن تتبع وتـسجيل تحرك الحجر الأعلى (راجع بالتفصيل فخرى موسى وزملاءه، ص ٢٠٩).



المراجع

أولا : المراجع العربية :

(١) أحمد أحمد مصطفى، ١٩٨٨، الخرائط الجيولوجية للجغرافيين والكارتورجرافيين، دار المعرفة الجامعية، الإسكندرية.

(٢) خالد رمضان محمد (١٩٨٤) دراسة التربة فى الحقل، دمشق.

(٣) سباركس، ب، و ١٩٨٣، الجيومورفولوجيا، ترجمة ليلى عثمان، دار الأنجلو المصرية، القاهرة.

(٤) عبد الحميد أحمد كليو، ١٩٨٩، خبرات الكويت، جامعة الكويت.

(٥) عبد العزيز طريح شرف، ١٩٨٦، جغرافية البحار، الرياض.

(٦) على حسن موسى، ١٩٩٠، الزلازل والبراكين، دمشق.

(٧) فخرى منسى وآخرون، ١٩٦٨، الجيولوجيا الهندسية، القاهرة.

(٨) محمد صبرى محسوب سليم، ١٩٨٣، الظاهرات الجيومورفولوجية دراسة تحليلية، دار الثقافة للنشر والتوزيع، القاهرة.

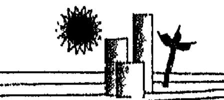
(٩) ________ ، ١٩٨٤، العمليات الهوائية ودور التجارب المعملية والقياسات الحقلية فى تفهمها، المجلة الجغرافية العربية، العدد ١٦، القاهرة.

(١٠) ________ ، ١٩٩١، جيومورفولوجية السواحل، القاهرة.

(١١) ________ ، ١٩٩٢، صحراء مصر الغربية دراسة فى الجغرافيا الطبيعية، القاهرة.

(١٢) محمد صبرى محسوب ومحمود دياب راضى، ١٩٨٥، العمليات الجيومورفولوجية، دار الثقافة للنشر والتوزيع، القاهرة.

(١٣) محمد صفى الدين أبو العز، ١٩٧١، جيومورفولوجية قشرة الأرض، دار النهضة العربية، بيروت.



(١٤) نبيل إمبابى ومحمود عاشــور، ١٩٨٣، الكثبان الرملية فى شبه جزيرة قطر، جزءين، الدوحة، قطر.

(١٥) هيثر، ١٩٨٨، الألواح الجيولوجية ونظمــها التكتونية، تعريب وتعليق حسن أبو العينين، الطبعة الأولى، جامعة الكويت.

(١٦) يوسف فايد، ١٩٧٣، جغرافية المناخ والنبات، دار النهضة العربية، القاهرة.

(١٧) يوسف فايد ومحمد صبرى محسوب، ١٩٩٢، جغرافية البحار والمحيطات، دار الثقافة للنشر والتوزيع، القاهرة.

ثانيا : المراجع الأجنبية :

- Allison, I, and Palmer, D. (1980) Geology, New York.
- Bagnold, R.A., the physics Geography, London.1991.
- Cain, H.R., 1961, physical Geography, London.
- Clark, H and Small, J. (1982), Slopes and Weathering,London.
- Cooke, R.U and Warren, (1973) Geomorphology in Desert, Bats Ford.
- Derbyshire, Eetal (1979) Geomorphological processes, London.
- Gardner, J, (1977) Physical Geography, New York.
- Holmes, A. (1964) Principles of Physical Geology, London.
- Jackson, J and Evans, E, (1973), Spaceship Earth (Earth Science) Boston.
- Knapp, B. etal, (1989) Challenge of the Natural Environment, London.
- Newson, MD and Hanwell, HD, (1982) Systematic Physical Geography, London.
- Statham, I, (1979), Earth Surface Sediment transport, Oxford.
- Warren, A (1979) "Aeolean Processes" in Processes in Geomorphology Edited by Embleton and thornes, London.
- White, I.. D, etal, (1984), Environmental Systems (An Introductory Text, London.
- Wilcock, D, (1983) Physical Geography.



هذا الكتاب

يتناول الجوانب الجغرافية الطبيعية بالدراسة الوصفية التحليلية المدعومة بوسائل المعالجة الحديثة.

وكان لما لمسه المؤلف من نقص واضح فى المكتبة الجغرافية العربية فى مثل هذه النوعية من الدراسة التى تعطى طالب الجغرافيا أسسا علمية متقدمة فى مجال الجغرافيا الطبيعية يبنى عليها قدراته العلمية فى دراسته المتخصصة فى كل المجالات الجغرافية الطبيعية.

ويناقش هذا الكتاب فى فصوله الستة: معالجة مفهوم الطاقة والنظام وأهمية دراستهما بالنسبة للجغرافيا الطبيعية، مع تأكيد ذلك من خلال عرض أمثلة لأشكال تحول الطاقة والأنواع منها التى ترتبط بالعمليات الطبيعية فى الجغرافيا، وكذلك يهتم بتحديد مفاهيم النظم وخصائصها وأنواعها مع الإشارة إلى أمثلة من النظم الجغرافية الطبيعية.

كما يناقش دراسة الغلاف الغازى من خلال دراسة تركيب الأرض الداخلى ودراسة صخور القشرة الأرضية بأنواعها المختلفة ومعالجة الحركات التكتونية من حيث طبيعتها وأسبابها والظاهرات الناتجة عنها مع الاهتمام بدراسة نظرية الألواح التكتونية لما لها من أهمية فى تفسير العديد من أشكال سطح الأرض البنائية.

وأيضا تناول الكتاب عوامل تشكيل سطح الأرض والعمليات المرتبطة بها والأشكال الناتجة عنها مثل : التجوية والعمليات المرتبطة بتطور السفوح والأنهار وعملها الجيومورفولوجى، والعمليات الهوائية وما يرتبط بها من أشكال.

كذلك تعرض الكتاب لدراسة ميزان الطاقة الأرضية وانتقال الحرارة من خط الاستواء إلى القطبين، وعلاقة اليابس والماء بالطاقة الإشعاعية، وأثر الإنسان على الميزان الحرارى، ودراسة الرطوبة فى الجو والرياح وما يرتبط بها من ظاهرات جوية وكذا دراسة مناخ العالم.

ويعرض الكتاب دراسة الغلاف المائى فى كل من المحيطات والغطاءات الجليدية والمياه الجوفية.

وفى نهاية هذا الكتاب تناول بالدراسة الغلاف الحيوى من خلال تعريفه ودراسة تفصيلية نوعا ما لعناصره الرئيسية فى دوراتها بسطح الأرض، وهى الكربون والماء والأكسوجين، ويتناول أيضا بالدراسة نظم البيئة.

ويتضمن الكتاب عددا من الخرائط والأشكال، كما تمت إضافة قائمة ببعض مصطلحات الجغرافيا الطبيعية وبعض المقاييس والمعلومات الهامة.

ونأمل أن يكون هذا الكتاب قد أضاف جديدا إلى المكتبة الجغرافية العربية.

تطلب جميع منشوراتنا من وكيلنا الوحيد بدولة الكويت

دار الكتاب الحديث